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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

На тему: «Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину»

Здобувача: Сватаненко А.В.
4-го курсу групи ЕН-141
Керівник: доц. Желіба Ю.О.
Консультант: доц. Жихарєва Н.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту
Рішення кафедри №10 від 30.05.2025 р.

Завідувач кафедри ХУіКП Михайло Хмельнюк

Одеса – 2025 рік

ОДЕСЬКІЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут холоду, кріотехнологій та екоенергетики
Кафедра: Холодильних установок і кондиціювання повітря
Ступінь вищої освіти: Бакалавр
Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма: «Холодильні машини, установки і кондиціювання повітря»

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

20 листопада 2024 р.

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

Сватаненко Андрій Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину»
Затверджена наказом ОНТУ від № 576-03 від 26.09.24р.

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 14.06.25 р.

3. Вихідні дані роботи: Холодильна установка підприємства, орієнтованого на випуск морозива, продуктивністю 2.4 тони на годину, розташованого у м. Одеса

4. Перелік питань, які потрібно розробити:
Вступ ; Технологічна схема та підбір устаткування для виготовлення морозива ; Вибір, розрахунок будівельної та теплоізоляційної конструкцій камер; Розрахунок повітроохолоджувача; Розрахунок повітряного конденсатора; Розробка схемного рішення холодильної установки; Підбір компресорів та допоміжного устаткування; Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
План холодильника; Розріз по камерам зберігання; Схема трубопроводів холодильної системи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Доц. Жихарєва Н.В.		

7. Дата видачі завдання: 20.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ	01.02.- 15.02.2025 р.	
2	Технологічна схема та підбір устаткування для виготовлення морозива Вибір, розрахунок будівельної та теплоізоляційної конструкцій камер	16.02.- 28.02.2025 р.	
3	Розрахунок повітроохолоджувача	01.03.- 31.03.2025 р.	
4	Розробка схемного рішення холодильної установки Підбір компресорів та допоміжного устаткування	01.04.- 15.04.2025 р.	
5	Охорона праці.	16.04.- 30.04.2025 р.	

Здобувач-дипломник _____ Сватаненко А.В.

Керівник роботи _____ доц. Желіба Ю.О.

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 _____ Сватаненко А.В.

Анотація

к кваліфікаційної роботі на тему

«Розробка принципових схемних рішень

холодильної установки фабрики морозива

продуктивністю 2.4 тони на годину»

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки на 86 сторінках та графічній частини на 6 листах.

Метою даної роботи є розробка проекту холодильної установки для фабрики з виробництва морозива із проведенням порівняльного техніко-економічного аналізу різних варіантів схемних рішень. У процесі виконання роботи розглянуто особливості сучасних технологій виготовлення морозива, обрано та проаналізовано технологічну схему виробництва й зберігання готової продукції.

Розроблено план підприємства із розміщенням технологічного процесу та холодильного обладнання. Визначено теплове навантаження камер заморожування та зберігання. Проведено тепловий розрахунок холодильної машини, а також теплотехнічні та конструктивні розрахунки основного обладнання. Здійснено підбір основного та допоміжного обладнання.

Розглянуто альтернативні варіанти схем холодильної установки з метою мінімізації капітальних і експлуатаційних витрат.

Отримані результати можуть бути застосовані при проектуванні нових або модернізації існуючих холодильних систем на підприємствах, що спеціалізуються на виробництві морозива.

ANNOTATION

TO THE QUALIFYING WORK ON A SUBJECT

"Development of basic circuit solutions for the refrigeration unit of an ice cream factory with a capacity of 2.4 tons per hour"

The qualification work consists of a calculation and explanatory note on 86 pages and a graphic part on 6 sheets.

The purpose of this work is to design a refrigeration unit of an ice cream factory, with a comparative technical and economic analysis of different variants of circuit solutions. The work considers the features of modern ice cream production technologies, selects and analyzes the technological scheme of product production and storage. The plan of the enterprise is developed and designed, with the placement of technological and refrigeration equipment. The heat load on the chambers for hardening and storing ice cream is determined. The thermal calculation of the refrigeration machine, thermal and structural calculations of the main devices are carried out. The main and auxiliary equipment is selected.

Various variants of circuit solutions for the refrigeration unit are considered, in order to optimize capital and operational investments.

The results of this work can be used for the design of new or reconstruction of refrigeration plants for enterprises focused on the production of ice cream.

ЗМІСТ

стор.

1 Вступ 7
2 Технологічна схема та підбір устаткування для виготовлення морозива 17
3 Вибір, розрахунок будівельної та теплоізоляційної конструкцій камер 25
4 Розрахунок повітроохолоджувача 42
5 Розробка схемного рішення холодильної установки 54
6 Підбір компресорів та допоміжного устаткування 57
7 Підбір компресорів та конденсаторів, розрахунок магістральних трубопроводів 48
8 Цивільний захист 62
9 Охорона праці 69
Висновки 80
Специфікації

					КРБ.ХУтаКП.1.793-03.1.8		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сватаненко А.			Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш 6 / Аркушів 86
Перевір.		Желіба Ю.О.					
Реценз.						ОНТУ ІХКЕ гр.ЕН-141	
Н. Контр.		Желіба Ю.О.					

1 Вступ

Метою цієї роботи є проектування холодильної установки фабрики морозива, продуктивністю 2.4 тони на годину, розташованої у м. Одеса, з розробкою варіантів схемних рішень.

Морозиво — це солодкий заморожений продукт, який отримують шляхом збивання охолоджених рідких сумішей, створених за спеціальними рецептурами. До складу таких сумішей входять інгредієнти у певних пропорціях: молочні компоненти, плоди, ягоди, овочі, цукор, стабілізатори, а також, у деяких випадках, яєчні продукти, ароматизатори та смакові добавки. Часто використовують комбінацію молочної та рослинної сировини. Збивання забезпечує насичення суміші повітрям перед заморожуванням.

Класифікація морозива за способом виробництва включає:

Загартоване морозиво – виготовляється на підприємствах, проходить фризерування і додаткове заморожування (до -18 °С і нижче) для підвищення стійкості при зберіганні. Має високу твердість.

М’яке морозиво – зазвичай виробляється в закладах громадського харчування й споживається одразу після фризера при температурі -5…-7 °С. Його консистенція нагадує крем.

Домашнє морозиво – готується в побутових умовах.

Загартоване морозиво класифікують:

За типом продукту й наповнювача:

Основні види: молочне, вершкове, пломбір, плодово-ягідне, ароматичне.

Любительські види: на молочній основі; на плодово-ягідній чи овочевій основі; з додаванням молока до плодів/овочів; з яйцями; багатошарове; спеціального призначення; з кондитерським жиром.

За способом фасування:

Вагове: в ящиках з полімерними вкладишами або гільзах.

Фасоване:

крупне – торти, кекси, у коробках;

дрібне – в вафельних стаканчиках, ріжках, циліндрах, фігурне, в поліетиленових упаковках тощо.

Суміші для морозива є складними системами, де основну масу (60–75%) складає вода. Вона є розчинником для мінералів, органічних кислот, цукрів, білків і стабілізаторів. У ній також розподілені жирові глобули, повітряні бульбашки та частинки наповнювачів.

Технологічний процес виготовлення морозива включає:

Складання й змішування інгредієнтів.

Пастеризацію, фільтрацію, гомогенізацію (для дрібнішого розподілу жиру).

Охолодження, за потреби — зберігання.

Фризерування (заморожування та насичення повітрям).

Загартовування і зберігання готового продукту.

У процесі обробки змінюються розміри частинок, формуються кристали льоду, лактози, повітряні бульбашки. Розміри таких включень переважно перевищують 1 мкм, що впливає на структуру та органолептичні властивості морозива.

З точки зору агрегатного стану, суміші можна вважати емульсією (молочний жир у воді) або концентрованою газовою емульсією. У готовому морозиві жир твердіє, а повітря й лід утворюють стійку структуру.

Споживчі властивості морозива:

Морозиво вирізняється високою харчовою та біологічною цінністю. Вміст жиру варіює від 3% (молочне) до 15% і більше (пломбір), у деяких видах він майже відсутній. Цукру міститься від 14 до 27%, білків — 3–4%, сухих речовин — 30–40%. Засвоюваність поживних речовин — 95–98%. Калорійність – від 100 до 250 ккал/100 г.

До складу морозива також входять:

повноцінні білки, ненасичені жирні кислоти, органічні кислоти (молочна, лимонна), вітаміни, мінерали;

смакові та ароматичні добавки;

стабілізатори (агар, пектин, крохмаль тощо), які покращують текстуру, зменшують утворення великих кристалів льоду та сповільнюють танення.

Таким чином, якість морозива залежить від використаної сировини, рецептури та технології виробництва.

Молокопереробні підприємства виготовляють сухі суміші для морозива, які зручні для приготування продукту в цехах, магазинах, ресторанах, кафетеріях тощо.

Сировина для морозива повинна бути доброякісною — її дефекти (несвіжі яйця, зброджений мед, плісняві горіхи, згіркле вершкове масло тощо) передаються у готовий продукт.

Технологія виробництва морозива включає такі етапи:

підготовку сировини, приготування суміші, фільтрування, пастеризацію, гомогенізацію (для сумішей на молочній основі), охолодження, зберігання, фрезерування суміші, фасування, закалювання та дозакалювання морозива.

Підготовка основної сировини

Сировина надходить на підприємство в автоцистернах, дерев'яних або металевих бочках, флягах, мішках, ящиках, а також у скляній тарі або ємностях із полімерних матеріалів.

Рідку й згущену молочну сировину, а також цукровий сироп доставляють автоцистернами, після чого їх перекачують у спеціальні резервуари.

Згущене молоко зберігають при температурі 0...20 °С і відносній вологості не більше 85%, не довше одного місяця від дня виготовлення.

Цукровий сироп — за тих самих умов, не більше семи діб.

Борошно транспортують і зберігають у мішках у сприятливих умовах, дотримуючись строків придатності. Мішки обережно розпорюють по шву, видаляють кінці й обривки шпагату. Злежані сухі молочні продукти перед

використанням подрібнюють і просіюють.

Горіхове ядро звільняють від шкаралупи, подрібнюють і розтирають. Вміст скляної тари переливають у спеціальні ємності після перевірки на відсутність сторонніх домішок.

Молоко, вершки та іншу молочну сировину, що надходить при температурі не вище 10 °С, фільтрують за допомогою дискових, плоских, пластинчастих або циліндричних фільтрів, або проціджують через марлю в кілька шарів. Відфільтровану сировину зберігають у вертикальних або горизонтальних резервуарах чи ваннах з теплоізоляцією при температурі не вище 6 °С. Протягом зберігання контролюють її кислотність.

Вершкове масло, якщо має окиснений шар, зачищають. Перед внесенням у молочну суміш його подрібнюють, ріжуть або плавлять у маслоплавителях, не допускаючи розшарування жирової емульсії, після чого масло фільтрують.

Плодово-ягідна сировина

Для виробництва плодово-ягідного морозива використовують інертний сироп. Свіжі плоди та ягоди інспектують, сортують, видаляють недозрілі, перезрілі, м’яті чи гнилі. Потім ретельно промивають у холодній проточній воді для видалення забруднень, механічних домішок, залишків агрохімікатів та мікрофлори.

Вишню, сливи, персики та інші плоди з кісточками звільняють від плодоніжок і кісточок. Їх заливають водою у співвідношенні 2:1 (вода : плоди) та кип’ятять 5–10 хвилин, після чого протирають.

Заморожені плоди та ягоди промивають теплою водою, перебирають, обробляють у паровому котлі 3–5 хвилин і також протирають.

Внесення добавок

Стабілізатори вносять у суміш морозива після попередньої підготовки. Ванілін додають у вигляді 5% водного розчину на стадії охолодження або зберігання суміші.

Приготування суміші морозива

Процес складається з підготовки водної фази та змішування жирової фракції і сухих речовин у потоці або періодичним способом. Для цього застосовують універсальні теплообмінні ємності, сироварні ванни, ванни тривалої пастеризації, резервуари для теплової обробки молока та інше ємкісне обладнання. Ванни з сорочкою з паровим барботажем і змішувачем використовуються також для пастеризації та охолодження суміші.

Водну фазу підігрівають до температури 40...45 °С у пластинчастих нагрівачах або інших теплообмінниках. Для обробки сухих речовин і жирів використовують диспергатори. Залежно від продуктивності дільниці підготовки суміші застосовують відповідне обладнання для автоматизації: шнекові підйомники, маслоплавителі, бункери тощо.

Фільтрування

Після приготування суміш фільтрують у двосекційних ємнісних фільтрах. Це критично важливий процес, оскільки наявність нерозчинених грудочок або сторонніх домішок може пошкодити подальше технологічне обладнання.

Пастеризація

Суміш пастеризують у пластинчастих пастеризаційно-охолоджувальних установках при температурі 80...85 °С з витримкою 50...60 секунд.

У разі пастеризації в ємнісних теплообмінниках періодичної дії застосовують такі режими:

68...72 °С — 25...30 хв;

73...77 °С — 15...20 хв;

83...87 °C — 3...5 хв.

Гомогенізація.

Цей процес необхідний для стабілізації емульсії і проводиться за температур, близьких до температури пастеризації. Із зростанням масової частки жиру в суміші зменшується необхідний тиск гомогенізації. У виробництві морозива перевагу надають двоступеневій гомогенізації. Залежно від рецептури, на першому етапі застосовують тиск 7–12,5 МПа, а на другому – 4,5–5,0 МПа. Гомогенізація забезпечує потрібну збитість суміші та покращує консистенцію готового морозива.

Охолодження.

Після гомогенізації суміш охолоджують до 2...6 °C. Для цього використовують пластинчасті або кожухотрубні теплообмінники, часто інтегровані в пастеризаційні установки. Спочатку суміш охолоджують проточною водою, далі — крижаною водою температурою 1...2 °C або холодоносієм (наприклад, розсолом) з температурою до –5 °C.

Зберігання та дозрівання.

Суміш витримують у спеціальних резервуарах при температурі 4...6 °C до 24 годин або при 0...4 °C до 48 годин. Обов’язкове зберігання передбачене для сумішей, у яких присутні стабілізатори типу желатину — їх дозрівають протягом 4–12 годин за температури не вище 6 °C.

Фризерування.

На цьому етапі суміш збивається з одночасним насиченням повітрям і частковим заморожуванням. Процес здійснюється у фризерах періодичної або безперервної дії. Суміш надходить до фризера при температурі 2...6 °C, а вихідна температура морозива становить не вище –3,5 °C (виняток – морозиво для генераторів ескімо). Ступінь збитості складає 40–60%, залежно від типу фризера і рецептури.

Загартування і дозаморожування.

Одразу після фризерування морозиво піддають інтенсивному заморожуванню, щоб запобігти надмірному росту кристалів льоду. Дрібнофасоване морозиво загартовують у камерах з температурою –20 °С і нижче. Перед подачею на зберігання вироби додатково дозаморожують. Тривалість загартування фасованого морозива зазвичай становить 24–36 годин.

Пакування і маркування.

Морозиво масою до 250 г випускають у вигляді брикетів, ріжків, циліндрів, трубочок, а також у стаканчиках і коробках. Для пакування використовують спеціальні матеріали — фольгований папір, полімерні плівки, вафлі тощо. Великофасоване морозиво (250 г – 2 кг) пакують у картонні коробки, випускаючи його у формі тортів, кексів, тістечок. Внутрішнє покриття тари повинно бути вологонепроникним (наприклад, з харчового лаку або ламінату). Морозиво фасується також у транспортну тару – картонні ящики, ізотермічні контейнери, масою нетто не більше 20–25 кг.

Зберігання.

На підприємствах морозиво зберігається при температурі –18 °С і відносній вологості повітря 85–90%. При відвантаженні температура повинна відповідати нормам: для молочного морозива — не вище –12 °С, для фруктово-ягідного — не вище –14 °С, для м’якого — не вище –5 °С. Термін зберігання залежить від типу продукту: від 2–3 тижнів для тортів і тістечок до 2–3 місяців для молочних і вершкових сортів. Зберігання при температурі –12 °С призводить до збільшення розміру кристалів льоду, що погіршує якість морозива. Підвищення температури зберігання прискорює цей процес.

2 Технологічна схема та підбір устаткування для виготовлення морозива

Технологічний процес на фабриці морозива відбувається наступним чином:

Після того як молоко поступає на фабрику, воно проходить обробку молока в ємності, яка включає очищення, охолоджування і зберігання охолодженого молока . Потім суміш морозива подається в пастерізаціонно-охолоджувальну установку, де проходить пастеризація, гомогенізація і охолоджування суміші морозива до температури дозрівання. Далі суміш подається на фризер, в якому проходить безперервне виробництво морозива шляхом змішування, збиття і заморожування суміші. Далі морозиво фасується та потрапляє на до загартування, а потім на зберігання.

Приймаємо, що підприємство буде працювати в одну робочу зміну (12 годин на добу). При цьому фризери будуть працювати 5 годин. Добова продуктивність фабрики морозива відповідно буде складати 13 тон на добу.

Таким чином, на даному підприємстві, холод застосовується в наступних операціях:

- Охолодження молока після прийомки;
- Охолодження суміші після пастеризації;
- Забезпечення роботи фризерів;
- Підтримання необхідної температури у камерах загартовування морозива та зберігання готової продукції;
- Підтримання необхідної температури в експедиції;
- Підтримання необхідної температури в камері зберігання сировини.

Охолодження молока після прийомки

Прийняте молоко, яке повинно мати температуру біля 10 °С, подається до пластинчатого теплообмінника охолоджувача, доохолоджується до температури 4 °С та подається в ємності для приймання молока.

Процес охолодження починається на підприємстві о 7 годині ранку і триває протягом одної години. Відповідно до даних програми Термокул при середній жирності молока 3.2% різниця ентальпії при охолодженні молока від 10 °С до 4 °С складає 19 кДж/кг.

Навантаження в процесі охолодження складе:

$Q_{0охл1}=(13000/(1\cdot3600))\cdot19=69$ кВт.

Процес пастеризації

Обираємо базову технологічну схему приготування суміші морозива

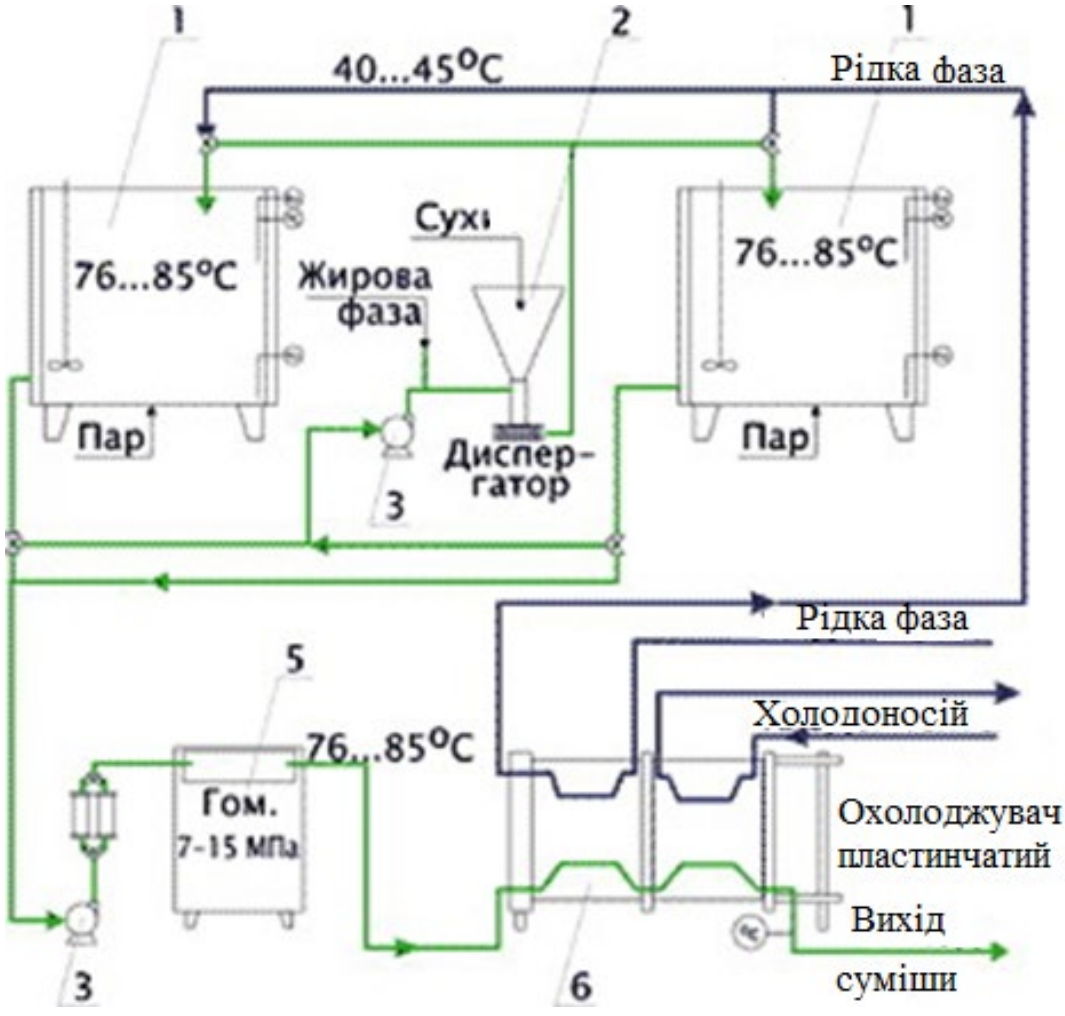


Рис. 2.1 Базова технологічна схема приготування суміші морозива

Опис базової технологічної схеми

Рідка фаза суміші для морозива надходить у змішувальні ємності (1) через секцію регенерації теплообмінника (6). У цьому процесі відбувається теплообмін між вхідною рідкою фазою та гомогенізованою сумішшю з температурою 85 °С, яка рухається у зворотному напрямку для охолодження. Завдяки цьому рідка фаза підігрівається до 40–45 °С.

Попередньо розтоплені у маслоплавнику жирові компоненти вводяться в ємності (1) через диспергатор (2). Сухі інгредієнти завантажуються в бункер того ж диспергатора і подаються разом із рідкою фазою та жирами, утворюючи емульсію.

Пастеризація суміші відбувається безпосередньо в ємностях (1) шляхом подачі пари в сорочку через барботер. Пропелерні мішалки, змонтовані на ємностях, сприяють ефективному теплообміну.

Після пастеризації суміш подається насосом (3) через фільтр у гомогенізатор (5), а звідти — у секцію регенерації пластинчастого теплообмінника (6), де охолоджується за рахунок надходження наступної порції рідкої фази.

Після часткового охолодження суміш переходить у секцію охолодження (двосекційного) пластинчастого теплообмінника, де її охолоджує крижана вода температурою 0–2 °С.

Охолоджену до 5–7 °С суміш направляють у ємності для дозрівання. Кількість таких ємностей залежить від асортименту продукції, типу фасування, продуктивності фризера та інших чинників.

Пастеризаційно-охолоджувальна установка

Пастеризаційно-охолоджувальна установка призначена для пастеризації, гомогенізації та охолодження суміші морозива до температури

дозрівання в герметичному потоці з тонкими стінками. Процес відбувається автоматизовано з контролем і регулюванням параметрів.

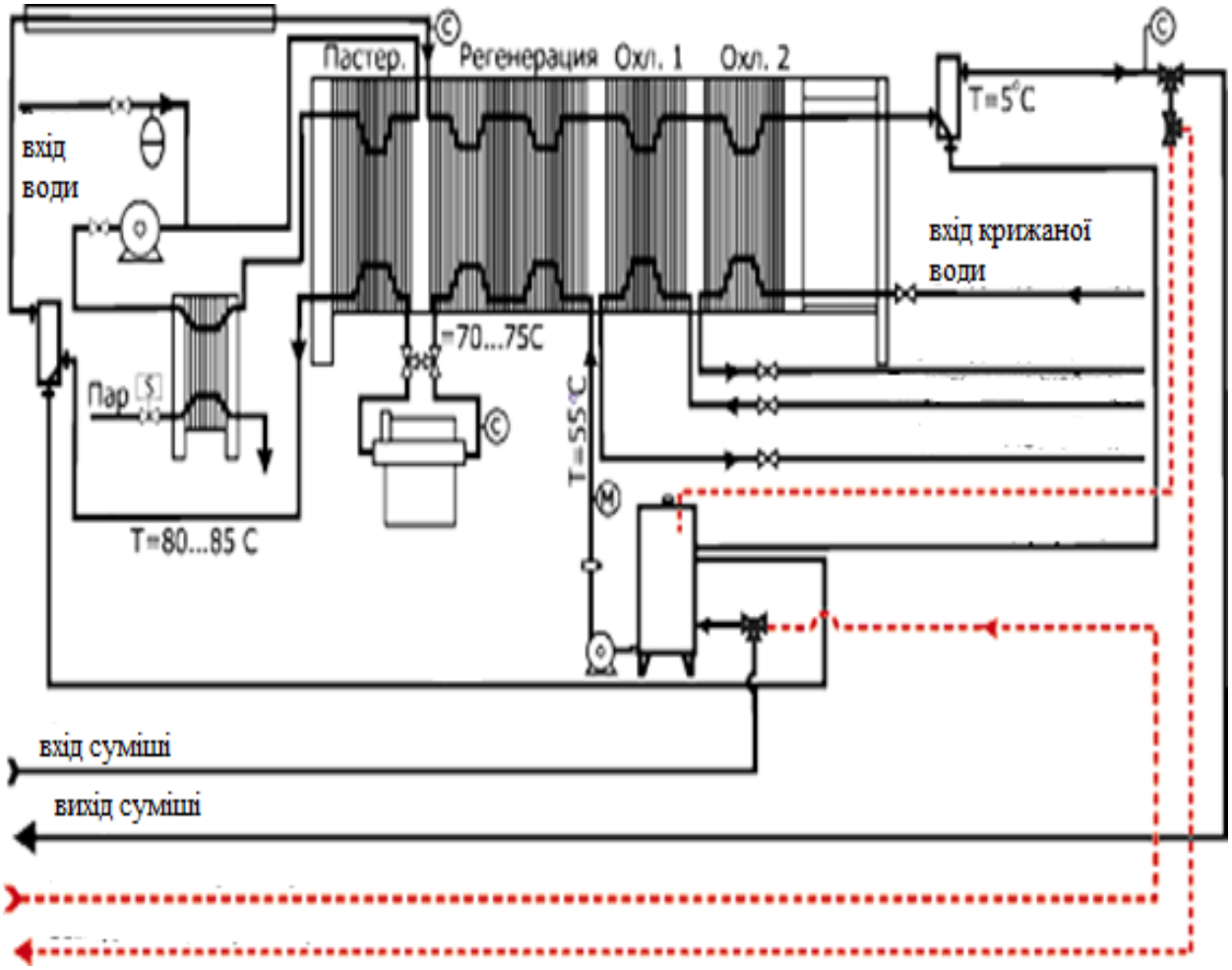


Рис. 2.3 Технологічна схема пастерізаціонно-охолоджувальної установки

Використовуються чотирьохсекційні і п'ятисекційні пастерізаціонно-охолоджувальні установки з підключенням гомогенізатора .

Для проекту вибираємо пастерізаціонно-охолоджувальну установку марки П8-ОПО-2,5

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики П8-ОПО-2,5

Холодопродуктивність , л/год.	3000
Температура суміші на вході,°С	8...10
Температура пастеризації,°С	85...90
Час витримки при температурі пастеризації ,сек	50..60сек
Температура виходу продукту, °С	4-6
Габаритні розміри установки , м довжина/ширина/висота	2,5/2,0/2,3
Маса установки, кг не більш як	900
Холодоносій	крижана вода
Температура води на вході в секцію охолодження, ℃	1 - 2
Кратність подачі	2,0 - 2,5
Теплоносій	водяний пар
Витрата пари, кг/год	50 - 70
Тиск пари на вході до установки , МПа	0,3 - 0,4
Стисле повітря	
Тиск, МПа	0,5 – 0,6
Витрата , $м^3/год$	0,5 – 1,0

Процес пастеризації-охолодження починається на підприємстві о 8 годині ранку і триває протягом 4 годин. Відповідно до даних різниця ентальпії при охолодженні суміші морозива від 80 °С до 5 °С складає 296,4 кДж/кг.

Навантаження в процесі охолодження складе:

$Q_{0охл2}=(13000/(4\cdot3600))\cdot296.4=268$ кВт.

Підбір фризерів

Фризери відіграють ключову роль у виробництві морозива. Принцип роботи як вітчизняних, так і зарубіжних фризерів однаковий. При їх виборі слід звертати увагу на наступні технічні особливості.

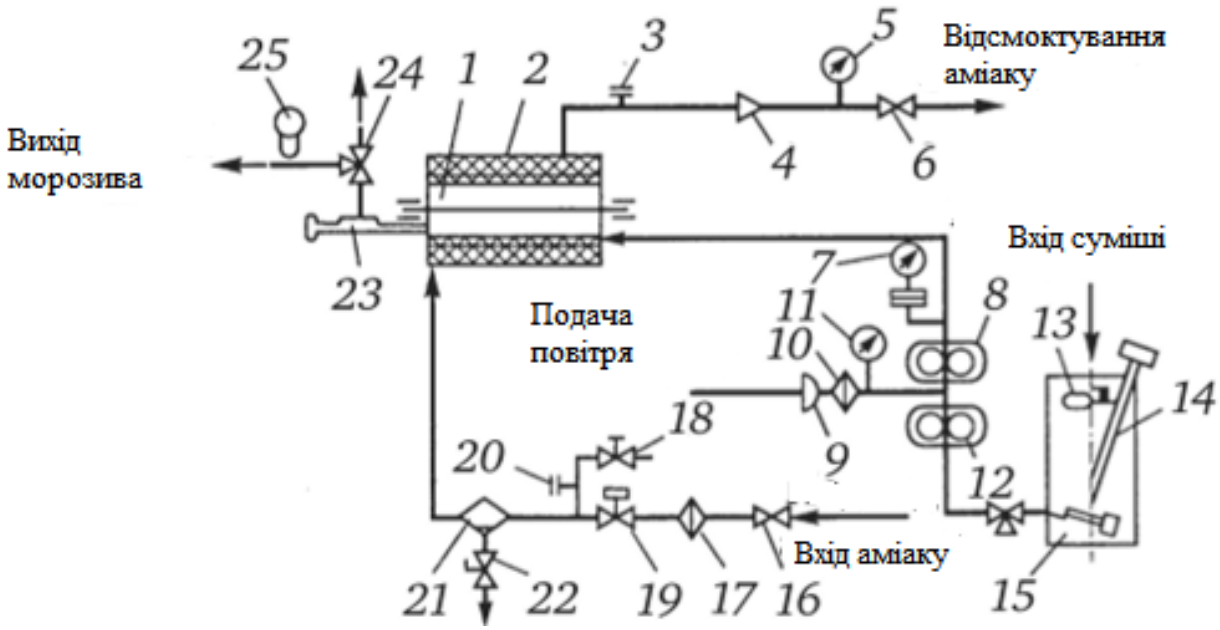


рис.2.4 – Технологічна схема приготування морозива на фризері Б6-ОФ2-Ш

1 - циліндр; 2 - сорочка циліндра; 3, 20 - патрубки; 4 - запобіжний клапан; 5, 11 - мановакуумметри; 6, 16 - запірні вентилі; 7 - манометр;

8, 12 - насоси; 9 - повітряний клапан; 10 - повітряний фільтр; 13 - поплавковий клапан; 14 - мішалка; 15 - бак для суміші; 17 - фільтр; 18, 22 - запірні вентилі; 19 - запірний мембранний вентиль з електромагнітним приводом; 21 - масловідстійник: 23 - клапан протитиску; 24 - триходовий кран; 25 - термоперетворювач

Попередньо пастеризована, гомогенізована та охолоджена до температури 6 °С суміш надходить самопливом або за допомогою насоса до приймального бака. У баку встановлений поплавковий клапан, який забезпечує постійний рівень продукту та запобігає його переповненню. Суміш безперервно перемішується за допомогою мішалки та подається трубопроводом послідовно на шестеренні насоси першого і другого ступенів.

У трубопроводі між насосами, внаслідок різниці частот обертання їх валів, утворюється розрідження (вакуум), що сприяє покращенню процесу перекачування та емульгування.

Для фризерів продуктивністю понад 1000 л/годину застосовується трьохнасосна схема. Насос першого ступеня подає продукт в систему, насос другого ступеня закачує суміш і повітря в циліндр, третій гойдає продукт з циліндра. Передавальні числа підібрані спеціально для зрівнювання тиску в циліндрі. Внутрішній тиск необхідний для ефективного очищення стенів циліндра ножами і забезпечує якісне з'єднання повітря і продукту. Спеціальна мішалка оснащена віночком, який дозволяє рівномірно насищати продукт повітрям і допомагає мішалці підтримувати продукт в постійному перемішуванні.

Повітря через повітряний клапан та фільтр надходить у насос другого ступеня, який засмоктує його і подає насичену повітряну суміш у робочий циліндр. Там вона контактує з охолодженими аміаком стінками, замерзає і зрізається ножами. Мішалка з пристроєм для збивання додатково обробляє заморожену масу та подає готовий продукт для подальшої технологічної обробки.

Клапан протитиску створює в циліндрі необхідний тиск, що забезпечує відповідну якість продукції. За його допомогою регулюється ступінь збитості готового продукту при сталій температурі випаровування аміаку в охолоджувальній сорочці циліндра. Для контролю тиску суміші у фризері встановлено манометр, а ступінь насичення повітрям визначають за допомогою мановакуумметра. Температура продукту контролюється з пульта керування за допомогою логометра з термоперетворювачем.

Рідкий переохолоджений аміак з напірного колектора циркуляційної системи проходить через ручний запірний вентиль, фільтр і мембранний електромагнітний клапан і потрапляє в сорочку циліндра. Рухаючись спіральними каналами, аміак відбирає тепло від морозивної суміші й виходить через трубопровід, розташований у верхній частині циліндра. На

ньому розміщені запобіжний клапан, мановакуумметр та ручний вентиль. Робочий тиск аміаку на вході у фризер має становити 250 кПа, а потужність приводу — 20,37 кВт.

Вибираємо для виготовлення морозива фризер безперервної дії для виробництва морозива марки Hoyer Frigys SF 1200.

Застосування : безперервне виробництво морозива шляхом змішування, збивання і заморожування суміші маси морозива і повітря.

Принцип дії: фризер – агрегат, готовий до підключення електроживлення, холодильного агенту, подачі стислого повітря, води і суміші морозива.

Подача суміші морозива в морозильний циліндр здійснюється шестерним насосом. У циліндр одночасно з сумішшю постійно подається повітря. Морозильний циліндр охолоджується безпосередньо киплячим аміаком

При вимушених зупинках фризера в час виробничого циклу здійснюється швидке відтаювання гарячим паром агенту, що дозволяє швидко відновити виробництво.

Відповідно технологічним умовам, суміш морозива подається на фризер при температурі 5 °С та виходить після фризерування при температурі -5 °С.

Таким чином, з урахуванням втрат 20% у навколишнє середовище, навантаження на фризерах буде складати:

$$Q_{0охл2}=(2600/(1\cdot3600))\cdot(245.3-105.3) =101 \text{ кВт}.$$

3 Вибір, розрахунок будівельної та теплоізоляційної конструкцій камер

Приймаємо, що на даному підприємстві загартовування морозива та його наступне зберігання буде здійснюватися в загальної камері (камера №1). Перед вивантаженням продукт проходить камеру експедиції (камера №2).

Так як місткість камери №1(камера до загартовування та зберігання) повинна вмістити 5-ти добове виробництво фабриці, приймаємо :

$$G_{ум1} = 84 \text{ т} ;$$

Для камери експедиції місткість визначається як 10 % від місткість камери зберігання :

$$G_{ум2} = 8{,}4 \text{ т} .$$

Вантажний обсяг камери.

$$V_в = G/g_v \ , \quad м^3 \qquad (3.1)$$

де G — маса продукту, який зберігається , т.;

g_v– норма завантаження одиниці вантажного обсягу , т/м³;

Приймаємо g_v=0,23 т/м³.

$V_{в1} = 84/0{,}23 = 365 \text{ м}^3$;

$V_{в2} = 8{,}4/0{,}23 = 36{,}52 \text{ м}^3$.

Вантажна площа камери .

$$F_в = \frac{V_в}{h_в} \ , м^2 \qquad (3.2)$$

де $h_в$–висота складування продукту.

Вантаж вкладають в картонні коробки з висотою – 1,18 м., в три ряди.

$F_{в1} = 365/3{,}54 = 103{,}11 \text{ м}^2$;

$F_{в2} = 36{,}52/1{,}18 = 30{,}94$ м^2.

Приблизна будівельна площа камери

$$F_Б = F_в/\beta_F \text{ , м}^2 \qquad (3.3)$$

де β_F—коефіцієнт використання будівельної площі камери .

$F_{б1} = 103{,}11/0{,}75 = 143{,}2$ м^2 ;

$F_{б2} = 30{,}94/0{,}75 = 42{,}97$ м^2 .

Площа будівельного прямокутника $F_{бп}$ визначається прийнятим кроком колон. При кроці колон 6×12 м $F_{бп} = 6 \cdot 12 = 72$ м^2 .

Знаходимо число будівельних прямокутників :

$$n = F_б/f$$

$n_1 = 143{,}2/72 = 1{,}99$;

$n_2 = 42{,}79/72 = 0{,}59$.

Дійсна ємність камер

$$G_д = G\frac{n_д}{n} \text{ , т} \qquad (3.4)$$

$G_{д1} = 84 \cdot 2/1{,}99 = 84{,}4$ т ;

$G_{д2} = 8{,}4 \cdot 2/0{,}594 = 28{,}28$ т .

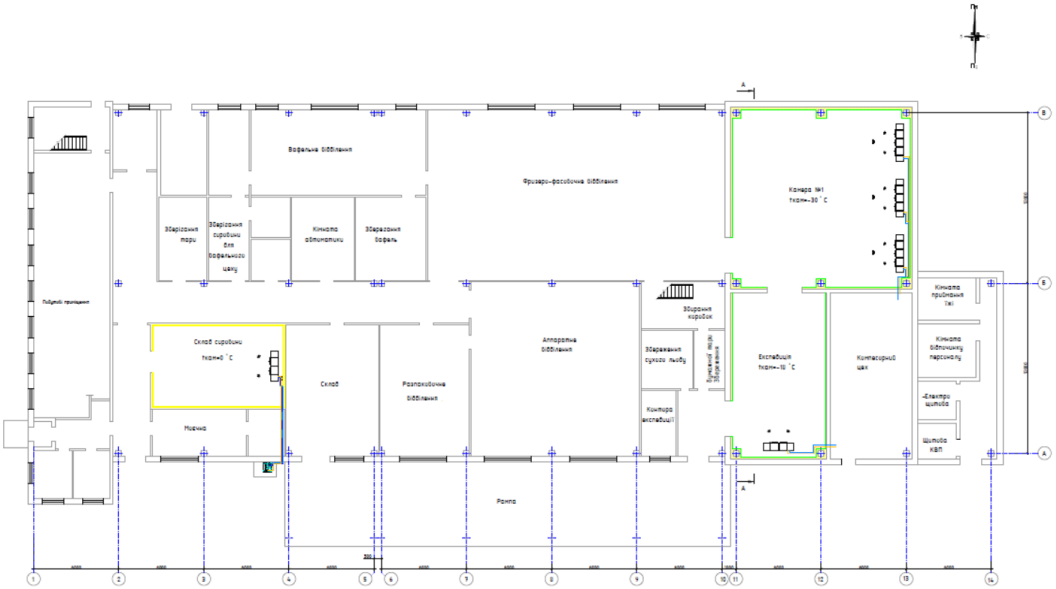


рис.3.1 – План підприємства

Розрахунок товщини ізоляції. Конструкція зовнішніх стін.

Визначення коефіцієнта теплопередачі зовнішніх стін холодильних камер:

$$k_{з.с} = 0{,}16 \cdot e^{0{,}022\cdot(40+t_к)}, \text{ Вт/м}^2\text{К} \qquad (3.5)$$

де $t_к$—температура камери.

$k_{з.с1} = 0{,}16 \cdot e^{0{,}022(40+(-30))} = 0{,}199$ Вт/м^{2}К ;

$k_{зс2} = 0{,}16 \cdot e^{0{,}022(40+(-18))} = 0{,}26$ Вт/м^{2}К .

Одеса знаходиться у середній кліматичній зоні тому зменшувати отримане значення на 20 % не потрібно.

Знаючи розмір коефіцієнта теплопередачі , розраховуємо товщину теплоізоляційного шару за формулою

$$\delta_{із} = \lambda_{із}\left[\frac{1}{k_д} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_к}\right)\right], \text{м} \qquad (3.6)$$

де $\alpha_з$ і $\alpha_к$—розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі з зовнішнього і внутрішнього боків огородження;

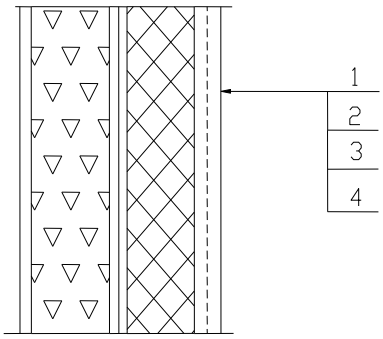
δ_i і λ_i – товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару конструкції огородження;

$\lambda_{із}$— розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності обраного ізоляційного матеріалу огородження.

$\alpha_з = 23{,}3$ Вт/м^{2}К та $\alpha_к = 9$ Вт/м$^2\cdot$К .

Використовуємо ізоляційний матеріал «РИПОР» .

Таблиця 3.1 – Структура зовнішньої стіни

	Найменування і матеріал шару	Товщина, δ, м	Коефіцієнт теплопровідності,
	1.Штукатурка складним рощином	0,02	0,98
	2.Теплоизоляція "РИПОР"		0,038
	3.Пароизоляція - 2 шара гідроізола	0,004	0,3
	4.Цегла	0,38	0,82

$$\delta_{из1} = 0{,}0385\left[\frac{1}{0{,}199} - \left(\frac{1}{23{,}3} + 3\frac{0{,}02}{1} + \frac{0{,}38}{0{,}81} + \frac{0{,}004}{0{,}25} + \frac{1}{9}\right)\right] =$$

$$= 0{,}166\text{ , м}$$

Приймаємо товщу ізоляції рівну 150 мм(3 шару по 50мм) .

$$\delta_{из2} = 0{,}0385\left[\frac{1}{0{,}26} - \left(\frac{1}{23{,}3} + 3\frac{0{,}02}{1} + \frac{0{,}38}{0{,}81} + \frac{0{,}004}{0{,}25} + \frac{1}{9}\right)\right] = 0{,}12\text{ м}$$

Приймаємо товщу ізоляції рівну 125мм(2 шару по 50мм,1 шар по 25мм)

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі за формулою

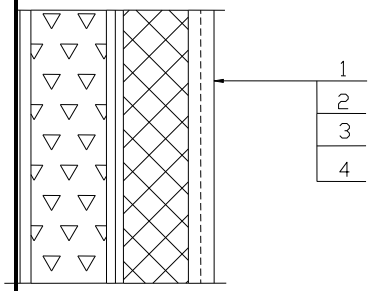
$$k_д = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_н} + \sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в}\right) + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из}}} \qquad (1.7)$$

$$k_{д1} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23{,}3} + 3\frac{0{,}02}{1} + \frac{0{,}38}{0{,}81} + \frac{0{,}004}{0{,}25} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0{,}15}{0{,}0385}} = 0{,}220\ ;$$

$$k_{д2} = \frac{1}{0{,}731 + \frac{0{,}125}{0{,}0385}} = 0{,}250\ .$$

Внутрішня стіна

Таблиця 3.2 – Структура внутрішніх стін

	Найменування и матеріал шару	Товщина,δ, м	Коефіцієнт теплопровідності, λ, [Вт/мК]
	1. Панель з керамзитобетону	0,24	0,47
	2. Пароізоляція- 2 шару гідроізолу	0,004	0,3
	3. Теплоізоляція з "РИПОР"		0,038
	4. Штукатурка складним рощином	0,02	0,98

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін і перегородок, що відокремлюють охолоджуванні приміщення від не охолоджуваних,але неопалюванихприміщень

$$k_{но} = 1{,}18 \cdot k_{зс}\ ,Вт/м^2К \qquad (3.8)$$

$k_{но1} = 1{,}18 \cdot 0{,}199 = 0{,}235$;

$k_{но2} = 1{,}18 \cdot 0{,}26 = 0{,}307$.

Обчислюємо товщю ізоляції за формулою (3.6)

$\delta_{із1} = 0{,}135м$.

Приймаємо товщу ізоляції 125мм (2 шару по50мм,1 шар по25мм).

$\delta_{із2} = 0{,}097м$.

Приймаємо товщу ізоляції 100мм (2 шару по50мм) .

Визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі за формулою (3.7)

$k_{д1} = 0{,}250$;

$k_{д2} = 0{,}300$.

Коефіцієнти теплопередачі внутрішніх стін, перегородок між охолоджуваними приміщеннями можна обчислити за формулою

$$k_{вн} = \frac{1}{2 + 0{,}07 \cdot \Delta t_п} , [Вт/(м^2К)] \qquad (1.9)$$

де $\Delta t_п$— різниця між температурами повітря більш теплого і холодного охолоджуваних приміщень по обидва боки огородження.

$k_{вн1} = k_{вн2} = 1/(2 + 0{,}07 \cdot [-18 + 30]) = 1/2{,}84 = 0{,}35$ Вт/м²К

Знаходимо товщину ізоляції за формулою (3.6)

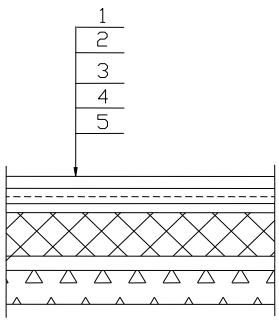
$\delta_{із1} = \delta_{із2} = 0{,}086$ м .

Приймаємо товщину ізоляції 100мм (2 шару по 50мм) .

$k_{д1} = k_{д2} = 0{,}3$ Вт/м²К .

Конструкція покриття холодильних камер.

Таблиця 3.3 – Структура покриття

	Найменування и матеріал слою	Товщина,δ, м	Коефіцієнт теплопровідності, λ, [Вт/мК]
	1. 5 шарів гидроізолу	0,012	0,25
	2. Бетонна стяжка	0,04	1,86
	3.Пароізоляція - шар пергаміну	0,001	0,15
	4.Теплоізоляція "РИПОР"		0,038
	5.Залізобетонна плита (покриття)	0,22	2,04

$\alpha_з = 23{,}3$ Вт/м²К ,

$\alpha_к = 9$ Вт/м²К .

Коефіцієнти теплопередачі для покриття холодильників , які не мають горищ

$$k_{бп} = 0{,}95 \cdot k_{зс} \quad , \qquad (3.10)$$

$k_{бп1} = 0{,}95 \cdot 0{,}20 = 0{,}19$ Вт/м²К ;

$k_{бп2} = 0{,}95 \cdot 0{,}26 = 0{,}25$ Вт/м²К .

Знаходимо товщину ізоляції для покриття холодильника за формулою (1.6)

$$\delta_{із1} = 0{,}0385 \cdot \left[\frac{1}{0{,}19} - \left(0{,}043 + \frac{0{,}012}{0{,}25} + \frac{0{,}04}{1{,}86} + \frac{0{,}22}{2{,}0} + 0{,}111\right)\right] = 0{,}19 \text{м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару покриття рівною 0,20 м (2 шару по 100 мм) та знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі за виразом (1.7)

$k_{д1} = 1/(0{,}334+13{,}5(0{,}2/(0{,}0385))) = 0{,}180$,

$$\delta_{із2} = 0{,}0385\left[\frac{1}{0{,}25} - \left(0{,}043 + \frac{0{,}012}{0{,}25} + \frac{0{,}04}{1{,}86} + \frac{0{,}22}{2{,}0} + 0{,}111\right)\right] = 0{,}143 \text{ м} .$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару над камерою експедиції рівною 0,15м (1 шар 100мм та 1 шар по 50мм) та обчислюємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі

$k_д = 1/(0{,}334+(0{,}15/(0{,}0385))) = 0{,}240$ Вт/(м²К)

Конструкція підлоги в холодильних камерах .

Таблиця 3.4 – Структура підлоги в холодильних камерах.

Найменування и матеріал слою	Товщина,δ, м	Коефіцієнт теплопровідності, λ, [Вт/мК]
1.Монолитне бетонне покриття	0,04	1,8
2. Армобетоне стягування	1,0	1,86
3. Теплоізоляція "РИПОР"		0,03
4.Бетонна підготовка з електронагрівачами	1,0	

Коефіцієнт теплопередачі для підлоги приймаємо рівним значенню коефіцієнта теплопередачі для зовнішніх стін

$$k_{п1} = 0{,}20 \text{ Вт/м}^2\text{К} ; \quad k_{п2} = 0{,}26 \text{ Вт/м}^2\text{К};$$

$\alpha_в = 9 \text{ Вт/мК}$.

Знаходимо товщю ізоляції для підлоги холодильника за формулою (3.6)

$$\delta_{із1} = 0{,}03 \cdot \left[\frac{1}{0{,}20} - \left(\frac{0{,}04+0{,}1}{1{,}8} + 0{,}111\right)\right] = 0{,}145 \text{ м} ;$$

$$\delta_{із2} = 0{,}03 \left[\frac{1}{0{,}26} - \left(\frac{0{,}04+0{,}1}{1{,}8} + 0{,}143\right)\right] = 0{,}110 \text{м} .$$

Зведемо усі розрахунки до таблиці 1.5

Таблиця 3.5 – Кінцеві значення розрахунків ізоляції

	$\delta_{із}$,м	$\delta_{стіни}$,м	$k_д$, Вт/м^{2}К
Зовнішня стіна (камера дозакалювання та зберігання)	0,15	0,594	0,220
Зовнішня стіна (камера експедиції)	0,125	0,569	0,250
Внутрішня стіна (між охолоджуваним приміщенями)	0,10	0,364	0,300
Внутрішня стіна (між неохолоджуваними приміщенями)для камери №1.	0,125	0,389	0,250
Внутрішня стіна (між неохолоджуваними приміщенями) для камери №2.	0,10	0,364	0,300
Покриття	0,20	0,521	0,180
Підлога	0,145	0,285	0,200

4 Розрахунок теплоприпливів в камери

Сумарні теплоприпливи в камеру:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4\ ,\quad \text{Вт} \tag{4.1}$$

де Q_1— теплоприпливи через огорожження охолоджуваних об'єктів;

Q_2— теплоприпливи від холодильної обробки вантажів, що перебувають в охолоджуваному об'єкті ;

Q_3— теплоприпливи, що надходять із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджуваних об'єктів;

Q_4— теплоприпливи від різних джерел , що з'являються при експлуатації охолоджуваних об'єктів .

Теплоприпливи через огородження охолоджуваного об’єкта.

$$Q_1 = Q_{1т} + Q_{1с}\ ,\ \text{Вт} \tag{4.2}$$

де $Q_{1т}$ — теплоприплив від різниці температур по обох боках огороджень;

$Q_{1с}$ — тепло приплив від сонячного опромінення зовнішніх огороджень.

$$Q_{1т} = k_д F(t_з - t_к),\ \text{Вт} \tag{4.3}$$

де $k_д$ — розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для даного огородження;

F — площа поверхні даного огородження;

$t_з$ — температура зовнішнього середовища або сусіднього, більш теплого приміщення;

$t_к$ — температура охолоджуваного об'єкта.

$$Q_1 = k_д F \Delta t_с\ , \tag{4.4}$$

де $\Delta t_с$ — надлишкова різниця температур від впливу прямого сонячного випромінювання на дане огородження.

$$\Delta t_c = p\frac{q_c \varepsilon_c}{\alpha_з}, \qquad (4.5)$$

де p — коефіцієнт проникності, що залежить від масивності огородження, що опромінюється сонцем;

q_c — розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду .Величина q_c залежить від географічної широти місцевості , від орієнтації поверхні відносно сторін світу і від кута нахилу поверхні до обрію;

ε_c — коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання поверхнею огородження;

$\alpha_з$— коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні огородження в навколишній простір.

Камери № 1 та № 2 по конструкції відносяться до масивних огороджень, для них p=0,75.

Значення $\alpha_з$ можна обчислити в залежності від швидкості повітря (w) біля зовнішньої поверхні огородження. Приймаємо w=3м/с.

$$\alpha_з = 2{,}3 + 11{,}6\sqrt{w} \qquad (4.6)$$

$\alpha_з = 2{,}3 + 11{,}6\sqrt{3} = 23{,}39$ Вт/(м^{2}К)

q_c=789 Вт/м^2 — для стелі ;

q_c=461 Вт/м^2 — для західної стіни ;

$q_c = 384$ Вт/м^2 — для східної стіни.

Значення ε_c беремо із таблиці

ε_c=0,40 — для стін ;

ε_c=0,86 — для стелі.

Знаходимо значення Δt_c за виразом (2.5)

$\Delta t_c = 0{,}75 \cdot \frac{789 \cdot 0{,}86}{23{,}39} = 21{,}76$ — для стелі;

$\Delta t_c = 0{,}75 \cdot \frac{461 \cdot 0{,}40}{23{,}39} = 5{,}91$ — для західної стіни ;

$\Delta t_c = 0{,}75 \cdot \frac{384 \cdot 0{,}40}{23{,}39} = 4{,}93$ — для східної стіни .

Знайдені теплоприпливи через огородження охолоджуваних об'єктів (камери дозагортовування) занесемо до таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Теплоприпливи через огородження для камери дозагортовування

№ камер	Тип огороджень	$k_д$, Вт /м²К	F,м²	Δt/Δt$_c$°C	Q_1, Вт
№ 1	Стіна зовнішня південна	0,22	69,84	62	1843,8
	Стіна зовнішня західна	0,22	69,84	62/5,91	1934,6
	Внутрішня стіна (вхід)	0,25	64,84	37,2	603,0
	Перегородка з камерою (t=-18°C)	0,3	22,25	12	80,1
	Внутрішня стіна	0,25	31,63	37,2	1176,9
	Покриття	0,19	175,51	62/21,76	2793,1
	Підлога	0,20	175,51	31	1088,2
	Всього				9519,7

Знайдені теплоприпливи через огородження охолоджуваних об'єктів (камер експедиції) занесемо до таблиці 4.2

Таблиця 4.2 - Теплоприпливи через огородження для камери експедиції

№ камер	Тип огороджень	$k_д$, Вт/м²К	F,м²	Δt/Δt$_c$°C	Q_1, Вт
№ 2	Стіна зовнішня східна	0,25	37,85	50/4,93	520,7
	Внутрішня стіна	0,30	62,66	30	563,9
	Внутрішня стіна (вхід)	0,30	57,66	30	518,9
	Перегородка з камерою (t= -30°C)	0,30	21,47	12	77,3
	Покриття	0,25	86,98	50/21,76	1560,4
	Підлога	0,26	86,98	19	407,1
	Всього				3648,3

Розрахунок теплоприпливів від вантажів при їх холодильній обробці

$$Q_2 = Q_{2в} + Q_{2т} \quad (4.7)$$

де $Q_{2в}$ – теплоприплив від обробки вантажу ;

$Q_{2т}$ – теплоприплив при охолодженні тари .

$$Q_{2в} = \frac{G(h_1 - h_2)}{0{,}0864}\frac{\tau_ц}{\tau_р}, [Вт] \quad (2.8)$$

де G — добове надходження вантажу на холодильну обробку, т/добу ;

h_1 — ентальпія вантажу (кДж/кг) , що надходить на холодильну обробку , при початковій температурі t_1;

h_2 — ентальпія вантажу (кДж/кг) при середній по його об'єму кінцевій температурі t_2 ;

$\tau_ц$ — тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту (годин) ;

$\tau_р$ — тривалість робочого періоду (годин), тобто фактичний час, протягом якого споживається холод . Для пристроїв холодильної обробки безперервної дії $\tau_р = \tau_ц$.

Для камери дозагортовування:

$h_{11} = 105{,}3$ кДж/кг при температурі — (-5)°С

h_{21}=-30 кДж/кг при температурі — (-30)°С

За формулою (2.8) знаходимо теплоприплив від обробки вантажу

$$Q_{2в1} = \frac{15{,}0(105{,}3 + 30)}{0{,}0864}\frac{24}{24} = 23489 \text{ Вт}$$

Для камери експедиції теплоприток від вантажу буде відсутній.

Теплоприплив при охолодженні тари обчислюється по формулі

$$Q_{2т} = \frac{G_m(c_1 t_1 - c_2 t_2)}{0{,}0864}\frac{\tau_ц}{\tau_р} \quad [Вт] , \qquad (2.9)$$

де G_m −добове надходження тари на холодильну обробку (т/добу);

c_1 і c_2 −питомі теплоємності тари при температурах t_1 і t_2 (кДж/(кг.К)).

Величину G_m приймають рівною , для картонної тари – 10 % від добового надходження продуктів.

Питома теплоємність картонної тари дорівнює 1,46 (кДж/(кг.К)).

$$Q_{2т1} = \frac{1{,}5 \cdot (1{,}46 \cdot (-5) - 1{,}46 \cdot (-30))}{0{,}0864}\frac{24}{24} = 680 \text{ Вт} ;$$

Теплоприплив від вантажів при їх холодильній обробці знаходимо по формулі (4.7)

$Q_{21} = 23489 + 680 = 24169$ Вт ;

Розрахунок теплоприпливів із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджуваних приміщень:

$$Q_з = \frac{20 \cdot n \cdot \rho_к(h_з - h_к)}{3{,}6} \quad , \quad [Вт] \qquad (4.10)$$

де n – кількість одночасно і постійно працюючих людей ;

щільність повітря при температурі і відносній вологості охолоджуваного приміщення , $^{кг}/_{м^3}$;

$h_з$ – ентальпія зовнішнього повітря при розрахунковій температурі і відносній вологості , кДж/кг ;

$h_к$ – ентальпія повітря при температурі і відносної вологості в охолоджуваному приміщенні , кДж/кг .

$$Q_{31} = \frac{20 \cdot 4 \cdot 1{,}453 \cdot (78 + 29{,}67)}{3{,}6} = 3476{,}5 \text{ Вт};$$

$$Q_{32} = \frac{20 \cdot 2 \cdot 1{,}384 \cdot (78 + 16{,}40)}{3{,}6} = 1451{,}7 \text{ Вт} .$$

Розрахунок експлуатаційних теплоприпливів від різних джерел

$$Q_4 = Q'_4 + Q''_4 + Q'''_4 + Q''''_4 \text{ , Вт} \quad (4.11)$$

Теплоприплив від електричного освітлення

$$Q'_4 = q'_4 \cdot j_{св} \cdot F_Б \text{ , Вт} \quad (4.12)$$

де q'_4 – питома норма потужності світильників загального освітлення, що становить для складських приміщень рівна 3 Вт на 1 м³ будівельної площі. Для зменшення витрати електроенергії на освітлення великих холодильних камер їх поділяють на 2..3 зони , забезпечуючи світильники кожної з зон окремими вимикачами. У таких випадках у розрахунку використовують коефіцієнт одночасності роботи світильників $j_{св}$. У камері дозакалювання є дві зони освітлювання, тоді $j_{св}$ =0,67, а у камері експедиції $j_{св}$ =1 , при одночасному вмиканні усіх світильників .

$F_Б$ –будівельна площа охолоджуваного приміщення.

$Q'_{41} = 3 \cdot 0{,}67 \cdot 143{,}2 = 288$ Вт ;

$Q'_{12} = 3 \cdot 1 \cdot 42{,}97 = 129$ Вт .

Теплоприплив від електричних двигунів

$$Q''_4 = 1000 j_{дв} \sum N_{дв} \text{ , [Вт]} \quad (4.13)$$

де $j_{дв}$ – коефіцієнт одночасності роботи устаткування з електродвигунами ($j_{дв}$ =0,4…1,0) ;

$N_{дв}$ – розрахункова потужність електродвигуна , кВт.

Розрахунок теплоприпливів ведеться при проектуванні охолоджуваного об'єкта і на цьому етапі роботи ще не відомі потужності електродвигунів устаткування , що буде встановлено усередині об'єкта.У цьому випадку можна орієнтовно розрахувати величину $\sum N_{дв}$ для холодильних камер з повітряним охолодженням :

$$\sum N_{дв} = 1{,}2(Q_1 + Q_2 + Q_3)m \qquad (4.14)$$

де $(Q_1 + Q_2 + Q_3)$ – сума розрахованих теплоприпливів для даної камери

m – коефіцієнт , зумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодовидатності повітроохолоджувача ;

m=0,06 для камер зберігання з повітряним охолодженням .

$\sum N_{дв1} = 1{,}2(5524{,}47 + 9605{,}55 + 3476{,}54)0{,}06 = 1340$ Вт ;

$\sum N_{дв2} = 1{,}2(2848{,}47 + 839{,}97 + 1451{,}66)0{,}06 = 371$ Вт .

Коефіцієнт корисної дії асинхронних електродвигунів потужністю (1..40) кВт при навантаженнях не менш 75 % можна орієнтовно визначити за формулою

$$\eta_{дв} = 0{,}75 + 0{,}043 \ln N_e \ , \qquad (4.15)$$

де N_e – електрична потужність двигуна , кВт .

$\eta_{дв1} = 0{,}75 + 0{,}043 \ln 1{,}34 = 0{,}76$;

$\eta_{дв2} = 0{,}75 + 0{,}043 \ln 0{,}37 = 0{,}71$.

По формулі (2.13) знаходимо значення :

$Q''_{41} = 1000 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}76 \cdot 1{,}34 = 509$ Вт ;

$Q''_{42} = 1000 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}71 \cdot 0{,}37 = 131$ Вт .

Теплоприплив від працюючих людей .

Цей теплоприплив залежить від кількості людей (n) , що працюють в охолоджуваному приміщенні , від інтенсивності їхньої роботи і від температури повітря ($t_к$) у даному приміщенні.

$$Q_4''' = q_4'''n \ , \ Вт \qquad (4.16)$$

де q_4''' – тепловиділення однієї працюючої людини , ВтПри роботі середньої важкості

$$q_4''' = 270 - 6t_к \ , Вт \qquad (4.17)$$

$q_{41}''' = 270 - 6 \cdot (-30) = 450$ Вт ;

$q_{42}''' = 270 - 6 \cdot (-18) = 378$ Вт .

Число працюючих у камерах холодильників приймають : n=2…3 при $F_Б \leq 200$ м^2 ; n=3…4 при $F_Б > 200$ м^2 .

За формулою (4.16) обчислюємо :

$Q_{41}''' = 450 \cdot 4 = 1800$ Вт ;

$Q_{42}''' = 378 \cdot 2 = 756$ Вт.

Теплоприплив від відкривання дверей

$$Q_4'''' = B \cdot F_б \ , Вт \qquad (4.18)$$

Приймаємо для камери зберігання заморожених продуктів В=12 $Вт/м^2$, для камери експедиції В=31,65 $Вт/м^2$.

$Q_{41}'''' = 12 \cdot 143{,}2 = 1718$ Вт ;

$Q_{42}'''' = 31{,}65 \cdot 42{,}97 = 1360$ Вт .

За виразом (4.11) обчислюємо :

$Q_{41} = 288 + 509 + 1800 + 1718 = 4315$ Вт ;

$Q_{42} = 129 + 131 + 756 + 1360 = 2376$ Вт.

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування в кожній із камер обчислюємо з виразу (4.1) :

$Q_{01} = 9519{,}7 + 24169 + 3476{,}5 + 4315{,}4 = 41481$ Вт ;

$Q_{02} = 3648{,}3 + 1451{,}7 + 2376{,}3 = 7512$ Вт .

5 Розрахунок повітроохолоджувача

Загальне теплове навантаження по камері дозагартування складає 42 кВт. Відповідно, при розміщенні у камері трьох пристінне-стельових повітроохолоджувачів, з безпосереднім кипінням аміаку, навантаження на один апарат буде складати 42/3=14 кВт

При конструюванні ПО приймаємо наступні вихідні дані:

Теплове навантаження на повітроохолоджувач: Q_0=14000 Вт;

Температура повітря в камері: $t_к = -30$ ℃;

Відносна вологість повітря в камері: $\varphi_к = 90\ \%$;

Робоче тіло: аміак

Температура кипіння аміаку: $t_0 = -36$ ℃;

Геометричні розміри ребристої труби:

Зовнішній діаметр: $d_з = 0{,}025$ м;

Внутрішній діаметр: $d_{вн} = 0{,}020$ м;

Товщина стінки : $\delta_т = 0{,}0025$ м;

Матеріал (сталь) : $\lambda_т = 50$ Вт/(м · К);

Ребро:

Висота ребра: h=0.019 м;

Товщина ребра: $\delta_р = 0{,}0004$ м;

Крок ребер: $u_р = 0{,}012$ м;

Матеріал ребер (аллюміній) : $\lambda_{ребра} = 204$ Вт/(м · К);

Товщина інею: $\delta_і = 0{,}002$ м;

Компановка пучка труб - шаховий пучок;

Крок труб в пучку:

поперечний (поперек потоку повітря) : $S_1 = 0{,}06$ м;

продольний (вздовж потоку повітря) : $S_2 = 0{,}06$ м;

діагональний :

$$S_{22} = \left[S_2^2 + \left(\frac{S_1}{2}\right)^2\right]^{0.5}, \text{ м} \qquad (5.1)$$

$$S_{22} = \left[0{,}06^2 + \left(\frac{0{,}06}{2}\right)^2\right]^{0.5} = 0{,}067 \text{ м};$$

Тепловий розрахунок

Кінцевою метою теплового розрахунку є обчислення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження та підтримувати необхідну температуру повітря в камері.

Задаємось величиною підохолодження повітря в камері

$$\Delta t_п = 2 \text{ °C}$$

Температура повітря на виході із апарату

$$t_п = t_к - \Delta t_п$$

$t_2 = -32$ °C ;

Середня температура повітря :

$t_{ср.п} = 0{,}5(t_2 + t_к) = -31$ °C ;

Температурний напір

$\theta = t_{ср.п} - t_0 = 5$ °C

Теплофізичні параметри повітря при середній температурі на вході та виході із апарату:

Коефіцієнт теплопровідності : $\lambda_п = 2{,}19 \cdot 10^{-2}$ Вт/м · К ;

Коефіцієнт кінематичної в'язкості: $\nu_п = 10{,}72 \cdot 10^{-6}$ м^2/с ;

Питома щільність $\rho_п = 1{,}459$ кг/м^3 ;

Питома теплоємність $c_п = 1{,}013$ кДж/кг · К ;

Число Прандтля : $P_r = 0{,}723$;

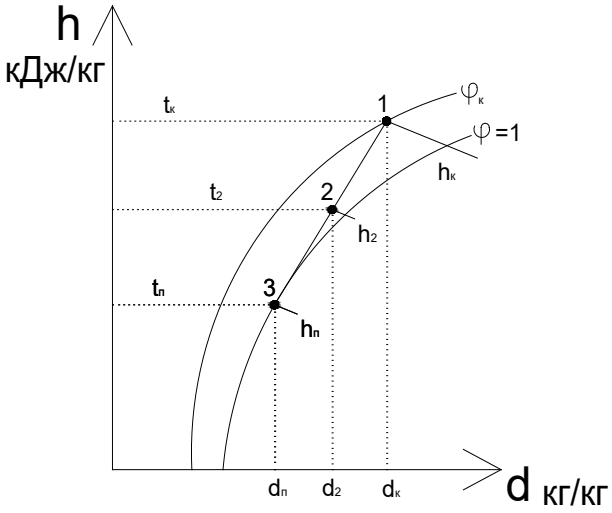


Рис. 5.1 – Процес обробки повітря в h-d діаграмі.

Діаграма h-d представляє процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі в наступної послідовності 1-П-2

Задаємося температурою інію :

$t_i = -32{,}75\ ℃$

По h-d діаграмі, за допомогою таблиць роботи та розрахункових залежностей, наведених нижче, визначаємо параметри повітря (t,d,h)

Таблиця 5.1 – Параметри повітря при їх температурах

	$t_к = -30\ ℃$	$t_i = -32{,}75\ ℃$
Ентальпія повітря, кДж/кг	$h_{вк} = -29{,}67$	$h_i = -32{,}78$
Вологовміст повітря, кг/кг	$d_{вк} = 0{,}23 \cdot 10^{-3}$	$d_{21} = 0{,}19 \cdot 10^{-3}$
Вологість, %	$\varphi_{вк} = 0{,}9$	$\varphi_{вк} = 1$

Вологовміст повітря на виході із апарату :

$$d_2 = d_{вк} - \left[(t_к - t_2) \cdot \frac{(d_{вк} - d_i)}{(t_к - t_i)}\right] \text{, кг/кг} \qquad (5.2)$$

$$d_2 = 0{,}23 \cdot 10^{-3} - \left[(-30 + 32) \cdot \frac{(0{,}23 \cdot 10^{-3} - 0{,}19 \cdot 10^{-3})}{(-30 + 32{,}75)}\right] =$$

$$= 1{,}864 \cdot 10^{-4} \text{ кг/кг}$$

Ентальпія повітря при d2 и t2

$h_2 = -31{,}73$ кДж/кг

Вологовміст повітря при вологості повітря 100% та температурі (-32) ^{o}C:

$d_{21} = 0{,}19 \cdot 10^{-3}$ кг/кг ;

Вологовміст повітря при вологості повітря 100% та температурі (-30) ^{o}C

$d_{вк1} = 0{,}24 \cdot 10^{-3}$ кг/кг ;

Відносна вологість повітря на виході із апарату :

$\varphi_2 = {}^{d_2}/_{d_{21}}$ $\varphi_2 = 0{,}981$;

Геометричні характеристики поверхонь ребристого елементу вільного від інію.

Площа зовнішньої поверхні ребра(пластинчатого) рівна:

A=0,07 м

B=0,06 м

$$F_р = 2(A \cdot B - d_з^2) \text{ , м}^2 \quad (5.3)$$

$F_р = 7{,}419 \cdot 10^{-3}$ м^2 .

Площа зовнішньої поверхні труби між двома суміжними ребрами рівна:

$$F_т = \pi \cdot d_з(u_р - \delta_р) \text{ , м}^2 \quad (5.4)$$

$F_т = 9{,}111 \cdot 10^{-4}$ м^2 .

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елемента рівна:

$$F_в = \pi \cdot d_{вн} \cdot u_р \text{ , м}^2 \quad (5.5)$$

$F_в = 7{,}54 \cdot 10^{-4}$ м^2 .

Повна площа зовнішньої поверхні ребристого елемента рівна:

$$F_н = F_р + F_т$$

$F_н = 8{,}33 \cdot 10^{-3}$ м^2 .

Коефіцієнт β і степінь ф обребрення теплообмінної поверхні:

$$\beta = {F_н}/{F_в} \qquad \beta = 11{,}048 \ .$$

$$ф = F_н/(\pi \cdot d_з \cdot u_р) \qquad (5.6)$$

$$ф = \frac{8{,}33 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 0{,}0025 \cdot 0{,}012} = 8{,}84 \ .$$

Умовна степінь обребрення теплообмінної поверхні рівна:

$$ф_4 = {F_н}/{F_т} \qquad ф_4 = 9{,}14 \ .$$

Геометричні характеристики поверхні інію на ребристому елементі при прийнятій товщі шару δ_i=0,002 м.

Площа зовнішньої поверхні інію на ребрі:

$$F_{рі} = 2 \cdot [A \cdot B - 0{,}785 \cdot (d_з + 2 \cdot \delta_i)^2] \ , \ м^2 \qquad (5.7)$$

$F_{рі} = 2 \cdot [0{,}07 \cdot 0{,}06 - 0{,}785 \cdot (0{,}025 + 2 \cdot 0{,}002)^2] = 7{,}08 \cdot 10^{-3}$ м^2

Зовнішня поверхня інію на трубі між двома суміжними ребрами має площу:

$$F_{ті} = \pi \cdot (d_з + 2\delta_i) \cdot \left[u_р - \left(\delta_р + 2 \cdot \delta_i\right)\right] \ , \ м^2 \qquad (5.8)$$

$F_{ті} = 3{,}14 \cdot (0{,}025 + 2 \cdot 0{,}002) \cdot [0{,}012 - (0{,}0004 + 2 \cdot 0{,}002)] ==$
$6{,}924 \cdot 10^{-4}$ м^2 .

Повна площа зовнішньої поверхні інію на ребристому елементі рівна: $F_{ні} = F_{рі} + F_{ті}$, м^2

$F_{ні} = 7{,}77 \cdot 10^{-3}$ м^2 .

Коефіцієнт β_i оребрення поверхні, покритою інієм, дорівнює:

$$\beta_i = {F_{ні}}/{F_{ті}} \qquad \beta_i = 10{,}31 \ .$$

Мінімальний "живий" перетин одного ребристого елемента, покритого шаром інію прийнятої товщі, рівний:

$$f_ж = (S_1 - d_з - 2 \cdot \delta_i) \cdot \left(u_p - \delta_p - 2 \cdot \delta_i\right) \text{, м}^2 \qquad (5.9)$$

$$f_ж = (0{,}06 - 0{,}025 - 2 \cdot 0{,}002) \cdot (0{,}012 - 0{,}0004 - 2 \cdot 0{,}002) =$$
$$= 2{,}356 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Задаємось швидкістю повітря в живому перетині повітроохолоджувача $\omega_п = 4$ м/с .

Визначаємо режим руху повітря, число Рейнольдса :

$$Re_п = {(\omega_п \cdot d_з)}/{(\nu_п)} \qquad (5.10)$$

$Re_п = 9{,}328 \cdot 10^3$;

Еквівалентний діаметр:

$$d_e = (2 \cdot (S_1 - d_3) \cdot (u_p - \delta_p -)) / ((S_1 - d_з) + (u_p - \delta_p)) \text{ , м} \qquad (5.11)$$

$$d_e = \frac{2 \cdot (0{,}06 - 0{,}025) \cdot (0{,}012 - 0{,}0004)}{(0{,}06 - 0{,}025) + (0{,}012 - 0{,}0004)} = 0{,}017 \text{ м} ;$$

Число Нусельта:

$$Nu = 0{,}178 \cdot Re_п^{0{,}6} \cdot \left(\frac{S_2}{d_e}\right)^{-0{,}14} \qquad (5.12)$$

$$Nu = 0{,}178 \cdot 9328^{0{,}6} \cdot \left(\frac{0{,}06}{0{,}017}\right)^{-0{,}14} = 36{,}068 \quad .$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря рівний:

$$\alpha_к = \frac{Nu \cdot \lambda_п}{d_з} \quad , \quad {Вт}/{(м^2 \cdot К)} \qquad (3.13)$$

$\alpha_к = 31{,}59 \quad {Вт}/{(м^2 \cdot К)}$.

Питома теплота фазового переходу при $t_i < 0$ ℃

r=2835 кДж/кг .

Ентальпія інію

$$h_i = 2{,}09 \cdot t_i \quad , \qquad {кДж}/{кг}$$

$h_i = -68{,}447 \quad {кДж}/{кг}.$

Коефіцієнт теплопровідності інію

$\lambda_i = 0{,}2 \quad {Вт}/{м^2 \cdot К}$.

Вологовміст повітря при середній температурі

$d_m = 0{,}5 \cdot (d_{вк} + d_2)$

$$d_m = 0{,}208 \cdot 10^{-3} \text{ кг/кг}$$

Питома теплоємність вологого повітря

$$C_в = 1{,}009 + 1{,}87 \cdot d_m \text{ , кДж/(кг} \cdot К) \qquad (5.14)$$

$C_в = 1{,}009$ кДж/(кг · К) .

Коефіцієнт вологовипадіння:

$$\xi = 1 + (d_{вк1} \cdot \varphi_{вк} - d_i) \cdot \frac{(r - h_i)}{[C_в(t_к - t_i)]} \qquad (5.15)$$

$$\xi = 1 + (0{,}24 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}9 - 0{,}19 \cdot 10^{-3}) \cdot \frac{(2835 + 68{,}45)}{[1{,}009 \cdot (30 + 32{,}75)]} = 1{,}05$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередаючого елемента з урахуванням термічного опору шару інію:

$$\alpha_{пр} = \left[\frac{1}{(\alpha_к \cdot \xi)} + \frac{\delta_i}{\lambda_i}\right]^{-1} \text{ , Вт/(м}^2 \cdot К) \qquad (3.16)$$

$$\alpha_{пр} = \left[\frac{1}{(31{,}59 \cdot 1{,}05)} + \frac{0{,}002}{0{,}2}\right]^{-1} = 24{,}88 \quad Вт/(м^2 \cdot К) .$$

$\rho = 1{,}15 \cdot \frac{В}{d_e}$,

ρ=2,76 .

Умовна висота ребра

$$h_{ум} = 0{,}5 \cdot d_з \cdot (\rho - 1) \cdot \left(1 + 0.35 \cdot \ln(\rho)\right) \text{ , м} \qquad (5.17)$$

$h_{ум} = 0{,}5 \cdot 0{,}025 \cdot (2{,}76 - 1) \cdot \left(1 + 0.35 \cdot \ln(2{,}76)\right) = 0{,}03$ м .

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$m_e = \left[2 \cdot \frac{\alpha_{пр}}{\delta_р \cdot \lambda_{ребра}}\right]^{0{,}5} \text{ , 1/м} \qquad (5.18)$$

$$m_e = \left[2 \cdot \frac{24{,}88}{0{,}0004 \cdot 204}\right]^{0{,}5} = 24{,}69 \ \frac{1}{м} \ .$$

Безрозмірний комплекс:

$$E = \frac{\tanh(m_e \cdot h_{ум})}{m_e \cdot h_{ум}} \qquad (3.18)$$

$$E = \frac{\tanh(24{,}69 \cdot 0{,}03)}{24{,}69 \cdot 0{,}03} = 0{,}85 \ .$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра:

$$\psi = 1 - 0{,}058 \cdot m_e \cdot h_{ум} \qquad \psi = 0{,}96 \ .$$

Коефіцієнт що враховує контактний термічний опір між ребром та трубою, для мідних труб та алюмінієвих ребер дорівнює:

$$c_к = 0{,}8$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елементу:

$$\alpha_{пр.н} = \frac{\alpha_{пр} \cdot (F_р \cdot E \cdot \psi \cdot c_к + F_т)}{F_{ні}} \ , Вт/(м^2 \cdot К) \qquad (3.19)$$

$$\alpha_{пр.н} = \frac{24{,}88 \cdot (7{,}42 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}96 \cdot 0{,}8 + 0{,}91 \cdot 10^{-3})}{7{,}77 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 18{,}40 \ Вт/(м^2 \cdot К) \ .$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби :

$$q_в = \alpha_к \cdot \xi \cdot (t_{ср.п} - t_i) \cdot \beta_i \ , {Вт}/{м^2} \qquad (5.20)$$

$$q_в = 31{,}59 \cdot 1{,}05 \cdot (-31 + 32{,}75) \cdot 10{,}31 = 597{,}38 \ {Вт}/{м^2} \ .$$

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні аміаку в трубах апарату

w=20

$$\alpha_0 = (103.2 + 0.19 \cdot t_0) \cdot q_в^{0.25} \qquad (5.21)$$

$$\alpha_0 = (103.2 + 0.19 \cdot (-36)) 597{,}38^{0{,}25} = 476{,}5 \ \ Вт/(м^2 \cdot К) \ .$$

Коефіцієнт теплопередачі віднесений до зовнішньої поверхні інію:

$$k_{ні} = \left[\frac{1}{\alpha_{пр.н}} + ф \cdot \left(\frac{\delta_т}{\lambda_т}\right) + \frac{\beta_i}{\alpha_0}\right]^{-1} \ , Вт/(м^2 \cdot К) \qquad (5.22)$$

$$k_{ні} = \left[\frac{1}{18{,}40} + 9{,}14 \cdot \left(\frac{0{,}0025}{384}\right) + \frac{10{,}31}{476{,}5}\right]^{-1} = 11{,}82 \ Вт/(м^2 \cdot К) \ .$$

Коефіцієнт теплопередачі віднесений до зовнішньої "сухої" поверхні апарату без інію:

$$k_н = k_{ні} \cdot \left(\frac{\beta}{\beta_і}\right) \text{, Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \qquad (3.23)$$

$k_н = 12{,}67$ Вт/(м$^2 \cdot$ К) .

Щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інію :

$$q_н = k_{ні} \cdot \left(t_{ср.п} - t_0\right) \text{, Вт/м}^2$$

$q_н = 59{,}09$ Вт/м^2 .

Провіряємо значення раніше прийнятої температури поверхні інію :

$$\Delta t_р = \frac{q_н}{(\alpha_к \cdot \xi)} \text{ , °C} \qquad (3.24)$$

$$\Delta t_р = \frac{59{,}09}{(31{,}59 \cdot 1{,}05)} = 1{,}79 \text{ °C} .$$

Прийнята різниця температур повітря та поверхні інію:

$\Delta t = t_{ср.п} - t_і$

$\Delta t = 1.75$ °C .

Відносна погрішність прийнятої та розрахункової різниці температур:

$$\sigma = \left|\frac{(\Delta t_р - \Delta t)}{\Delta t_р}\right| \cdot 100 \qquad (3.25)$$

σ =1,931 % .

Площа сухої поверхні повітроохолоджувача рівна:

$$F_п = \frac{Q_0}{\left[k_н \cdot \left(t_{ср.п} - t_0\right)\right]} \text{ , м}^2 \qquad (3.26)$$

$$F_п = \frac{14000}{[12{,}67 \cdot (-31 + 36)]} = 221 \text{ м}^2 .$$

Компонувальний розрахунок апарату.

Метою компонувального розрахунку повітроохолоджувача є:

-визначення загальної кількості загальних труб в теплообмінній секції, що забезпечують розрахункову величину теплообмінної поверхні;

-визначення кількості труб в поперечному і подовжньому перетинах повітроохолоджувача, і на їх основі габаритних розмірів теплообмінної секції апарату.

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач рівна:

$$V_п = \frac{Q_0}{[\rho_п \cdot (h_{вк} - h_2) \cdot 10^3]} \quad , \ м^3/с \qquad (3.27)$$

$$V_п = \frac{14000}{[1{,}459 \cdot (-29{,}67 + 31{,}73) \cdot 10^3]} = 4{,}82 \ м^3/с \ .$$

Мінімальний "живий" перетин повітроохолоджувача з інієм на теплообмінній поверхні рівний:

$$F_ж = \frac{V_п}{\omega_п} \ , м^2 \qquad (3.28)$$

$F_ж = 0{,}96 \ м^2$.

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_ф = \frac{F_ж \cdot (S_1 \cdot u_р)}{f_ж} \ , м^2 \qquad (3.29)$$

$$F_ф = \frac{0{,}96 \cdot (0{,}06 \cdot 0{,}012)}{2{,}356 \cdot 10^{-4}} = 2{,}94 \ м^2 \quad ;$$

Діаметр вентилятора $D_в = 0{,}8$ м;

Число вентиляторів n=3 шт.;

Площа прохідного перетину вентилятора:

$$F_{вен.} = 0{,}785 \cdot \ {D_в}^2 \cdot n \ , м^2 \qquad (3.30)$$

$$F_{вен.} = 0{,}785 \cdot \ 0{,}8^2 \cdot 3 = 1{,}5 \ м^2 \ .$$

$$a = \frac{F_ф}{F_{вен.}}$$

a=1,95

Умова розподілу повітря виконана $1{,}8 < \frac{F_ф}{F_{вен.}} < 2{,}6$.

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції повітроохолоджувача у фронтальному перетині повітроохолоджувача у фронтальному перетині

Ширина:

$$H_h = \left(\frac{F_ф}{n}\right)^{0,5} , м \qquad (3.31)$$

$H_h = 1$ м .

Довжина :

$$L_h = H_h \cdot n , м \qquad (5.32)$$

$L_h = 3$ м .

Орієнтувальне число труб у фронтальному перетині пучка:

$$Z_п = H_h / S_1 , шт \qquad (5.33)$$

$Z_п = 16{,}6$ шт. .

Дійсне число труб у фронтальному перетині пучка:

$Z_{п1} = 16$ шт;

Дійсна ширина :

$$H_{h1} = Z_{п1} \cdot S_1 , м \qquad (5.34)$$

$H_{h1} = 0{,}96$ м;

Дійсна довжина :

$$L_{h1} = \frac{F_ф}{H_{h1}} , м \qquad (3.35)$$

$L_{h1} = 3.06$ м .

Число ребристих елементів у фронтальному перетині повітроохолоджувача:

$$n_ф = \frac{F_ж}{f_ж} , шт \qquad (3.36)$$

$n_ф = \frac{0{,}96}{2{,}356 \cdot 10^{-4}} = 4075$ шт .

Площа "сухої" зовнішньої поверхні одного ряду труб у фронтальному перетині повітроохолоджувача:

$$F_{н1} = n_{ф} \cdot F_{нi}\,, м^2 \qquad (3.37)$$

$F_{н1} = 31.7\ \ м^2$.

Орієнтувальне число труб по ходу повітря в повітроохолоджувачі :

$$Z_{пр} = \frac{F_{п}}{F_{н1}}\ \,, шт \qquad (3.38)$$

$Z_{пр} = 6{,}97$ шт.

Дійсне число труб по ходу повітря в повітроохолоджувачі:

$Z_{пр1} = 7$ шт.

Глибина секції:

$$H = Z_{п1} \cdot S_2\,, м \qquad (3.39)$$

H=0,42 м .

4 Розробка схемного рішення холодильної установки

Для забезпечення роботи споживачів холоду на підприємстві обираємо централізовану насосну аміачну холодильну машину. Необхідно забезпечити холод відповідної холодопродуктивності на наступних температурних рівнях:

- отримання крижаної води в плівкових випарниках при температурі кипіння t_0=-5 ^{0}C з холодопродуктивністю 268 кВт;
- забезпечення роботи фризерів при температурі кипіння t_0=-15 ^{0}C з холодопродуктивністю 101 кВт;
- забезпечення роботи приладів охолодження в камері загартування при температурі кипіння t_0=-35 ^{0}C з холодопродуктивністю 41.5 кВт;
- забезпечення роботи приладів охолодження в камері експедиції при температурі кипіння t_0=-15 ^{0}C з холодопродуктивністю 7.5 кВт.

Для уніфікації устаткування та спрощення обслуговування буде спроектована двоступенева холодильна машина, яка буде працювати при температурі кипіння t_0=-35 ^{0}C, температурі конденсації (випарний конденсатор) $t_к$=35 ^{0}C та проміжної температурі у горизонтальної компаунд судині $t_{пр}$=-5 ^{0}C. Ця група компресорів та апаратів буде забезпечувати роботу приладів охолодження в камері загартування та отримання крижаної води в плівкових випарниках. Також буде працювати група компресорів з окремими циркуляційними апаратами для забезпечення роботи фризерів та приладів охолодження в камері експедиції з загальним навантаженням 108.5 кВт.

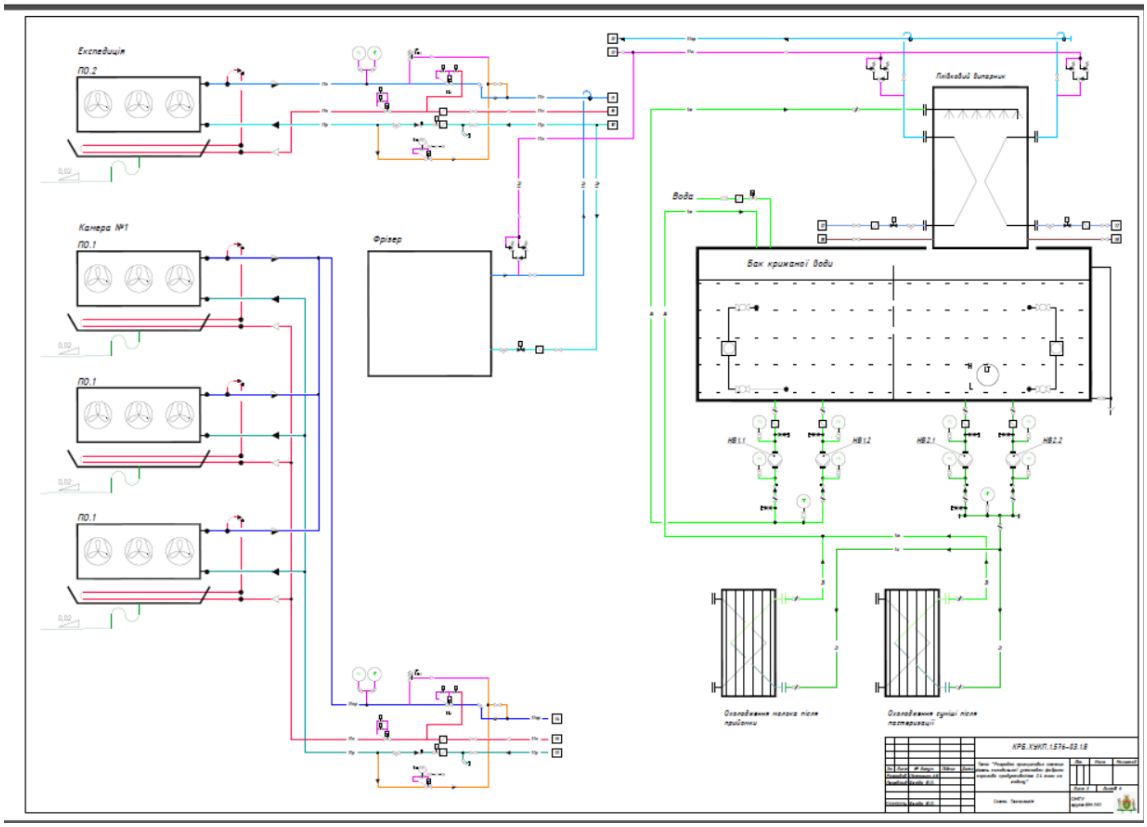
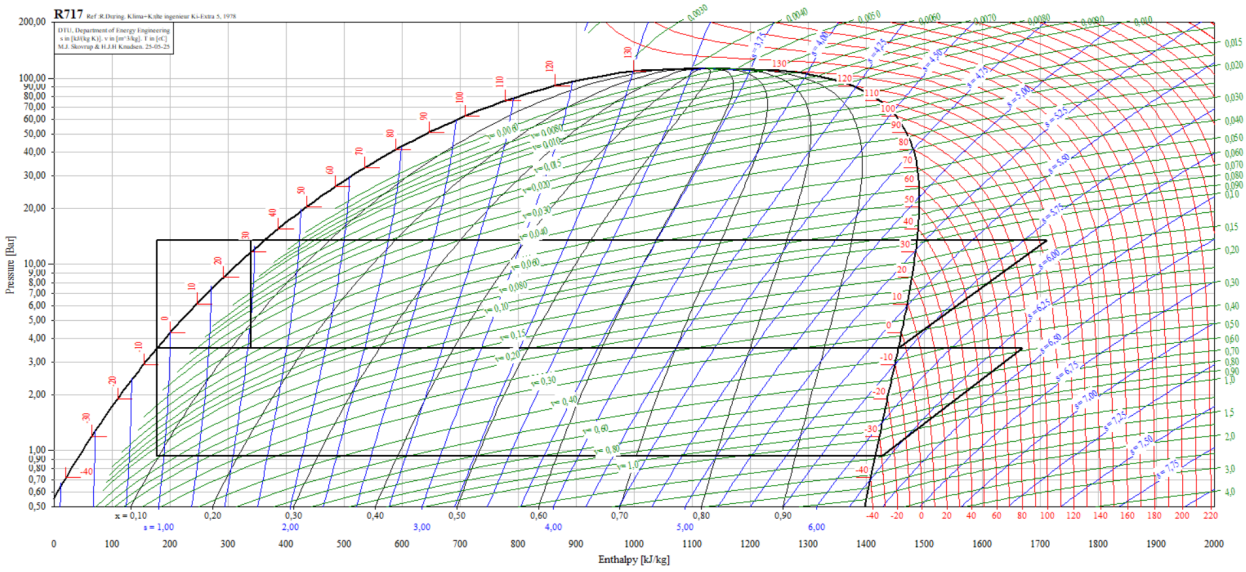


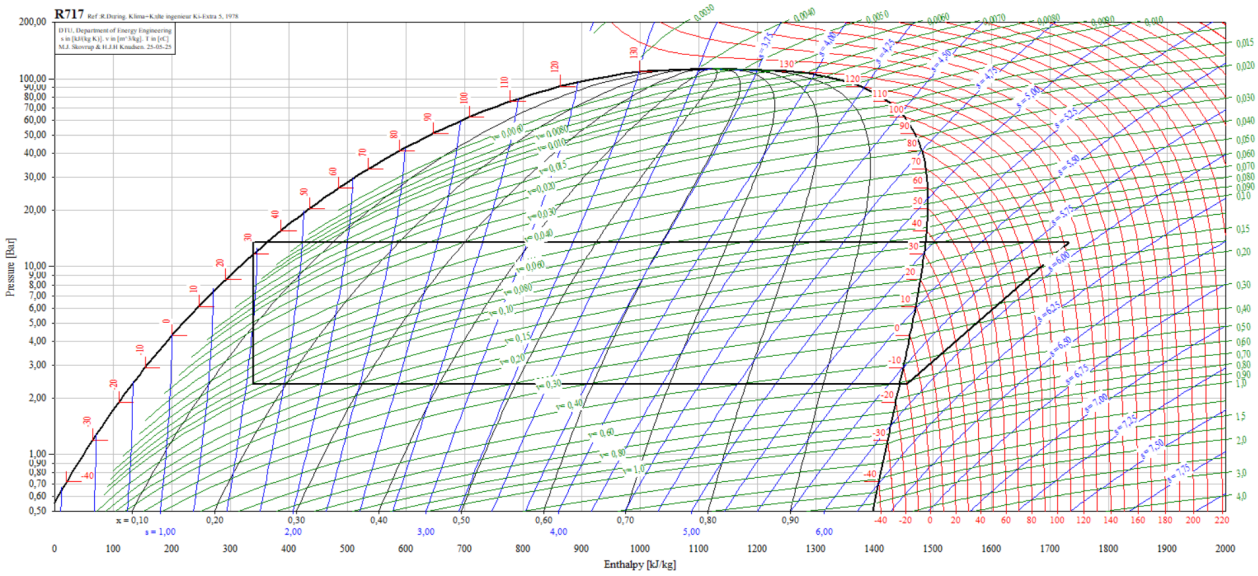
рис. 4.1 – Схемне рішення холодильної установки фабрики морозива

Розрахунки параметрів циклів холодильної машини здійснюємо за допомогою пакету CoolPack.



Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m^3/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	-30,000	0,931	1,243701	1426,295	6,1953
2	84,769	3,546	0,483786	1668,733	6,3711
3	84,769	3,546	0,483786	1668,733	6,3711
4	-5,013	13,504	N/A	177,152	N/A
5	-35,000	0,931	N/A	177,152	N/A
6	-30,000	0,931	1,243696	1426,295	6,1953
7	-5,013	3,546	0,346351	1455,142	5,6822
8	114,947	13,504	0,133018	1710,681	5,8523
9	114,947	13,504	0,133018	1710,681	5,8523

рис. 4.2 – Цикл та параметри двоступеневої холодильної машини



Point	T	P	v	h	s
	[°C]	[bar]	[m^3/kg]	[kJ/kg]	[kJ/(kg K)]
1	-10,000	2,362	0,519954	1455,339	5,8709
2	123,226	13,504	0,136448	1731,743	5,9060
3	123,226	13,504	0,136448	1731,743	5,9060
4	30,000	13,504	N/A	339,037	N/A
5	-15,000	2,362	N/A	339,037	N/A
6	-10,000	2,362	0,519947	1455,339	5,8709
15	N/A	13,504	N/A	339,037	N/A

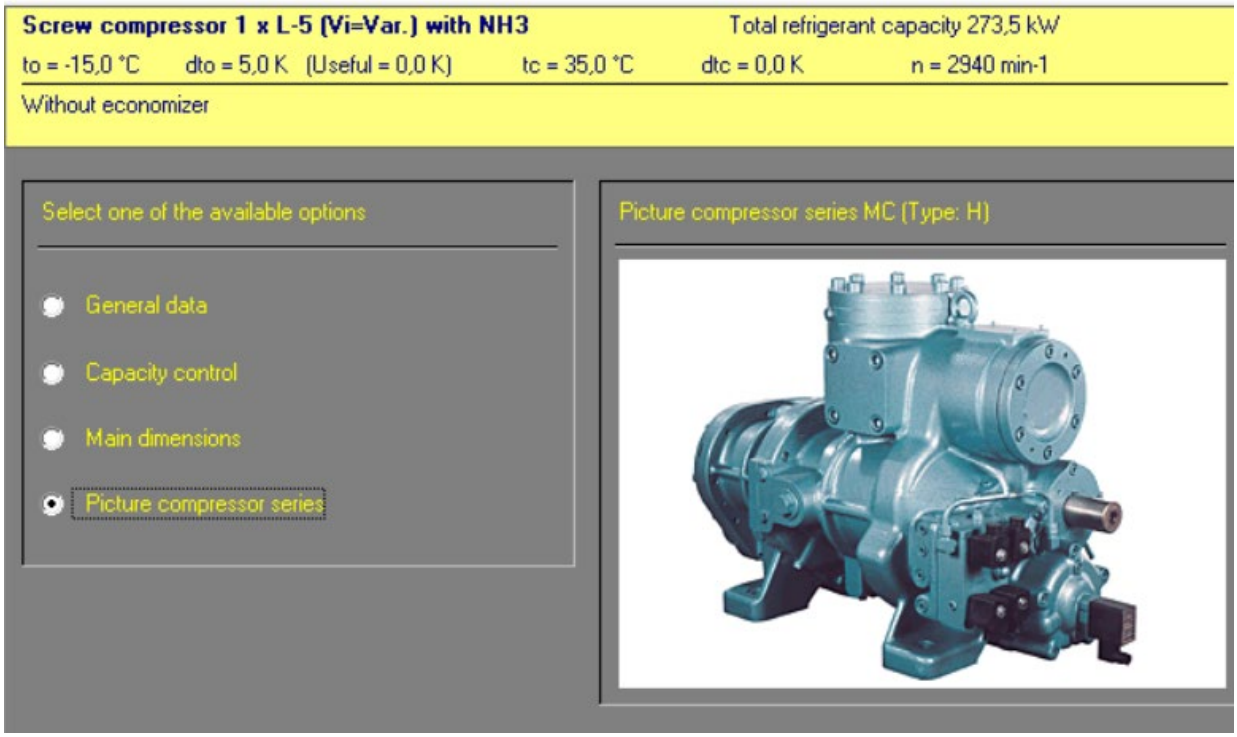
рис. 4.3 – Цикл та параметри одноступеневої холодильної машини

Згідно розрахункам навантаження на випарний конденсатор складе 532 кВт при температурі конденсації 35 ^{0}C.

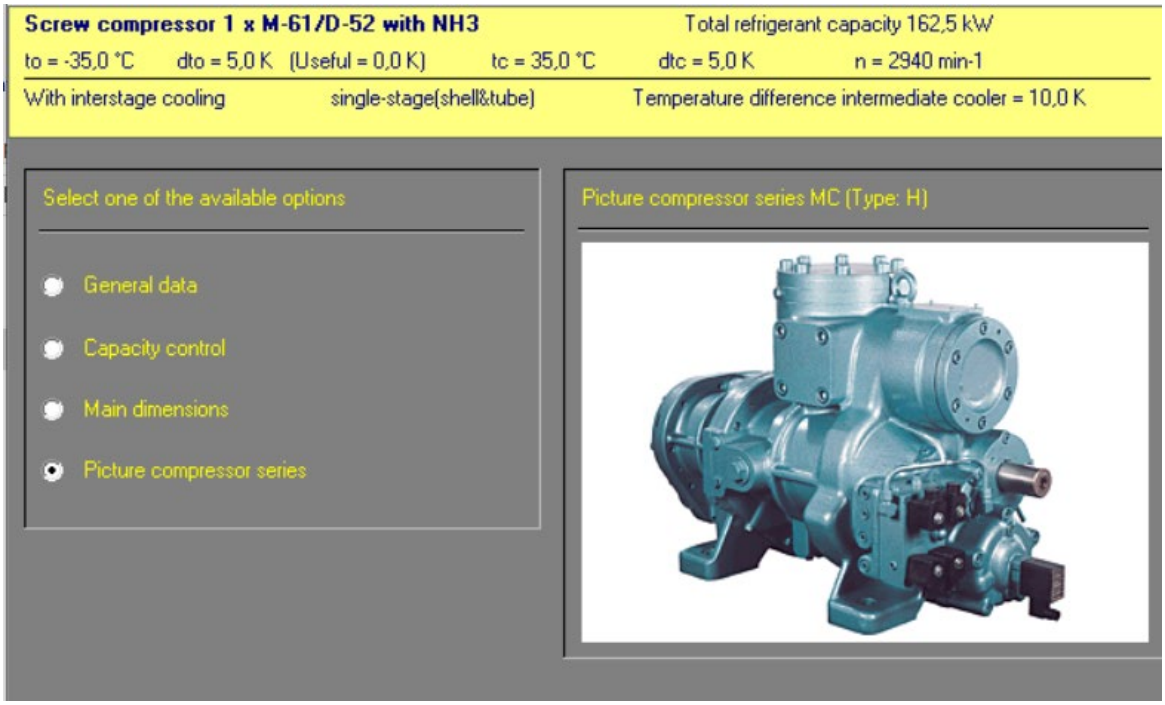
5 Підбір компресорів та допоміжного устаткування

Підбір компресорів

Для підбору компресорів використовуємо програму підбору фірми Grasso, задавшись вихідними даними.



Для забезпечення роботи одноступеневої холодильної машини приймаємо гвинтовий компресор Grasso L-5 з холодопродуктивністю 273.5 кВт при заданому режимі роботи.



Для забезпечення роботи двоступеневої холодильної машини приймаємо гвинтові компресора Grasso M-61 та Grasso D-52 з холодопродуктивністю 162.5 кВт при заданому режимі роботи.

Модель	Вес (кг)			Размеры (мм)			Воздушный поток (м³/с)	Мотор вентилятора (кВт)	Расход воды (л/с)	Мотор насоса (кВт)	Объем хладогента R717 (кг)
	Рабочая масса (кг)	Брутто масса (кг)	Самая тяжелая секция, змеевик (кг)	L	W	H					
VXC S288	7600	5525	3850	3550	2397	4248	22.8	(1x) 18.5	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S300	7630	5555	3850	3550	2397	4248	24.2	(1x) 22.0	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S328	7705	5630	3850	3550	2397	4248	26.7	(1x) 30.0	25.2	(1x) 2.2	164.0
VXC S350	8320	6180	4470	3550	2397	4483	26.2	(1x) 30.0	25.2	(1x) 2.2	196.0
VXC S403	10225	7170	4715	5385	2397	4013	36.6	(1x) 30.0	38.5	(1x) 4.0	198.0
VXC S429	10285	7230	4715	5385	2397	4013	38.9	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	198.0
VXC S455	11270	8125	5710	5385	2397	4248	34.9	(1x) 30.0	38.5	(1x) 4.0	246.0
VXC S482	11320	8175	5710	5385	2397	4248	37.5	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	246.0
VXC S504	12500	9260	6690	5385	2397	4483	36.6	(1x) 37.0	38.5	(1x) 4.0	294.0
VXC S576	15120	10880	3840	7226	2397	4248	45.6	(2x) 18.5	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S600	15220	10980	3840	7226	2397	4248	48.4	(2x) 22.0	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S656	15400	11100	3840	7226	2397	4248	53.4	(2x) 30.0	50.4	(2x) 2.2	328.0
VXC S700	16655	12355	4470	7226	2397	4483	52.4	(2x) 30.0	50.4	(2x) 2.2	392.0
VXC S806	20555	14415	5120	10903	2397	4013	73.2	(2x) 30.0	77.0	(2x) 4.0	396.0
VXC S858	20755	14615	5120	10903	2397	4013	77.8	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	396.0
VXC S910	22570	16420	5710	10903	2397	4248	69.8	(2x) 30.0	77.0	(2x) 4.0	492.0
VXC S964	22770	16550	5710	10903	2397	4248	75.0	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	492.0
VXC S1010	25035	18505	6690	10903	2397	4483	73.2	(2x) 37.0	77.0	(2x) 4.0	588.0

Для конденсації агенту підбираємо випарний конденсатор фірми Балтімор. За даними модельного ряду приймаємо конденсатор марки VXC – 504

Підбір повітроохолоджувачів

Камера зберігання та дозагортовування

Холодильний агент: аміак

Температура кипіння: $t_0 = -36°C$

Теплове навантаження на ПО: $Q_0 = 14$ кВт

Камера експедиції

Холодильний агент: аміак

Температура кипіння: $t_o = -25°C$

Теплове навантаження на ПО: $Q_0 = 7,74$ кВт

З приведеного списку повітроохолоджувачів обираємо 3 повітроохолоджувача фірми Alfa Laval марки INBE562B14 з $Q_0 = 14.5$ кВт.

Камера експедиції

З приведеного списку повітроохолоджувачів обираємо 1 повітроохолоджувач фірми Alfa Laval марки INBE502B10 з $Q_0 = 7,8$ кВт

Камера зберігання сировини

З приведеного списку повітроохолоджувачів обираємо 1 повітроохолоджувач фірми Alfa Laval марки INBE502B8 з $Q_0 = 5$ кВт

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

Лінійний ресивер для даної холодильної системи безпосереднього охолоджування підбирається з розрахунку, що його об'єм складає не менше 60% об'єму повітроохолоджувачів. При цьому робоче заповнення ресивера складає 50%. Загальний внутрішній об'єм повітроохолоджувачів можна визначуваний виходячи їх конструктивних характеристик і числа повітроохолоджувачів.

Відповідно до правил техніки безпеки розрахунковий об'єм також збільшують на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80%.

Як лінійні ресивери використовують горизонтальні або вертикальні циліндрові судини. По місткості підбираємо горизонтальний ресивер маркі 1.5РВ, який може використовуватися при робочому тиску до 1,8 мПа в діапазоні температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресівера зварні, запобіжні клапана мають умовний прохід $Д_у$ 15мм.

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

У систему при заправці або ремонті може разом з агентом потрапляти деяка кількість повітря, яке потрапляє в теплообмінні апарати і негативно впливає на їх ефективність, що приводить до додаткових витрат електроенергії. Тому необхідно постійно видаляти повітря з системи. Для цього в холодильній системі встановлений автономний повітровіддільник, що є окремою фреоновою холодильною установкою. Аміачно-повітряна суміш поступає з апаратів високого тиску у повітровіддільнику, де при охолоджуванні суміші з неї конденсується рідкий аміак. Далі рідкий аміак через систему клапанів зливається самоплив назад в систему, а легко-аміачна суміш через водний затвор виводиться назовні.

6 Цивільний захист

Тема : ″Захист персоналу фабрики морозива в надзвичайних ситуаціях ″

Види надзвичайних ситуацій .

Захист робочих і службовців фабриці морозива в надзвичайних ситуаціях (НС) є системою соціально - економічних, організаційних, технічних і лікувально - профілактичних заходів і засобів, а також законодавчих актів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Захист робочих і службовців виявляє і вивчає можливі причини виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж і розробляє систему заходів і вимог з метою усунення цих причин і створення, безпечних і сприятливих для людини умов праці.

Надзвичайна ситуація (НС) - порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією , катастрофою , стихійним лихом чи іншою небезпечною подією, яка призвела (може призвести) до загибелі людей та/або значних матеріальних втрат.

Потенційно небезпечний об'єкт - об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються небезпечні радіоактивні, пожежовибухові, хімічні речовини та біологічні препарати, гідротехнічні і транспортні споруди, транспортні засоби, а також інші об'єкти, що створюють реальну загрозу виникнення НС.

За характером походження подій, котрі зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють наступні їх види.

Надзвичайні ситуації природного характеру :

- небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні морські та прісноводні явища, деградація ґрунтів чи надр, природні пожежі, зміна

стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміна стану водних ресурсів та біосфери.

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру, пов'язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування:

- здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок, і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікації, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадання зброї. надзвичайні ситуації воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок руйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру — це транспортні аварії (катастрофи), пожежі, неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптове руйнування споруд та будівель, аварії на інженерних мережах і спору дах життєзабезпечення, гідродинамічні аварії на греблях, дамбах тощо.

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що створює на об'єкті, території або акваторії загрозу для життя і здоров'я людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Катастрофа - великомасштабна аварія чи інша подія, що призводить до тяжких, трагічних наслідків.

Надзвичайні ситуації воєнного характеру — це ситуації, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, нафтопродуктів, вибухівки, транспортних та інженерних комунікацій тощо.

Події природного походження або результат діяльності природних процесів, які за своєю інтенсивністю, масштабом поширення і тривалістю можуть вражати людей, об'єкти економіки та довкілля, називаються небезпечними природними явищами. Руйнівне небезпечне природне явище — це стихійне лихо.

Найбільшу небезпеку для життєдіяльності виробничого персоналу представляють аварії і катастрофи технічних систем. Під аварією розуміють непередбачену раптову зупинку або порушення нормальної (штатною) роботи виробничого (технологічного) процесу. Як правило, аварія супроводжується пошкодженням або знищенням техніки і інших матеріальних цінностей, а також травматизмом працівників технічних систем і що випадково опинилися на місці аварії інших людей. Наслідком аварій можуть бути пожежі і вибухи, які посилюють їх негативну дію на безпеку людей і навколишнього середовища.

Основні способи захисту від НС.

Основними способами захисту персоналу фабрики морозива в умовах виникнення НС є:

- укриття людей в захисних спорудах;

- евакуація персоналу об'єктів економіки і населення за межі зони НС;

- використання засобів індивідуального захисту.

Комплекс заходів захисту персоналу можна умовно розділити на три групи:

Попереджувальні заходи:

- попередження НС;

- планування захисту персоналу фабрики від НС;

- навчання населення заходам захисту від НС;

- підготовка сил і засобів для ліквідації наслідків НС.

Захисні заходи:

- виявлення і оцінка обстановки в НС, в т.ч. шляхом радіаційної, хімічної, інженерної і пожежної розвідки;

- сповіщення персоналу об'єктів про загрозу виникнення або виникнення НС;

- укриття персоналу фабрики в захисних спорудах;

- евакуація персоналу фабрики ;

- використання засобів індивідуального захисту;

- дозиметричний і хімічний контроль;

- медико-профілактичні і лікувально-евакуаційні заходи;

- визначення і дотримання режимів радіаційного і хімічного захисту персоналом фабриці;

- організація охорони громадського порядку в зоні НС та ін.

Аварійно-відновні заходи:

- першочергові роботи в зоні ЧС по локалізації окремих вогнищ руйнувань і підвищеної небезпеки ;

- по усуненню аварій і пошкоджень на мережах і лініях комунальних і виробничих комунікацій ;

- створенню мінімально необхідних умов для життєзабезпечення населення ;

- а також роботи по санітарному очищенню і знезараженню території .

Захисні заходи.

Виявлення і оцінка обстановки .

Найважливішими заходами захисту є виявлення і оцінка обстановки. За наслідками оцінки обстановки організовується сповіщення персоналу фабрики про НС, а також ухвалюється рішення головою комісії ЦОНС про порядок проведення захисних заходів.

Сповіщення персоналу об'єкту про надзвичайну ситуацію .

Населення оповіщається про загрозу виникнення НС природного або техногенного характеру відділами ЦОНС за допомогою засобів масової інформації: радіо, телебачення, а за наявності часу і друку.

Для того, щоб персонал вчасно включив радіоприймачі і телевізори, використовується попереджувальний сигнал «Увага всім» (сирени, гудки підприємств, сигнали автомобілів) .

При загрозі виникнення НС військового характеру населення попереджається «про загрозу нападу». З цією метою ЗМІ передають відповідні рішення або ухвали. Крім того, за місцем роботи і проживання посадовими особами ЦО даються оголошення про загрозу нападу і правила поведінки. Попередження про загрозу нападу не означає початку військових дій.

Для сповіщення персоналу промислового об'єкту і населення в ході військових дій встановлені наступні сигнали ЦО:

«Повітряна тривога», «Відбій повітряної тривоги», «Радіаційна небезпека», «Хімічна тривога».

Сигнал «Повітряна тривога» подається по радіо і телебаченню всіма станціями після сигналу «Увага всім». По цьому сигналу необхідно відключити світло, газ, воду, погасити вогонь в печах. Узяти документи, гроші, запас продуктів, води, необхідний одяг і сховатися в найближчій захисній споруді.

Укриття персоналу фабрики і населення в захисних спорудах .

Укриття людей від дії вражаючих чинників джерел НС проводиться в спеціальних захисних спорудах, а також в приміщеннях виробничих, суспільних і житлових будівель, пристосованих для цих цілей.

Евакуація персоналу фабрики .

Під евакуацією розуміють організований вивід і вивіз персоналу, членів їх сім'ї і населення із зон НС або вірогідною НС, а також життєзабезпечення евакуйованих в районі розміщення. Якщо укриття людей в ЗС припускає їх захист в зоні НС, то евакуація проводиться з метою виводу їх із зони дії вражаючих чинників джерел НС.

Використання засобів індивідуального захисту .

Використання ЗІЗ органів дихання і шкіри запобігає наднормативним діям на людей небезпечних і шкідливих аерозолів, газів і пари, а також світлового, теплового і іонізуючого випромінювання.

Дозиметричний і хімічний контроль .

Дозиметричний і хімічний контроль (ДХК) проводиться з метою оцінки працездатності особового складу формувань, робочих і службовців і визначення порядку їх використання, об'єму медичної допомоги на етапі евакуації, необхідності і об'єму санітарної обробки людей, а також дезактивації і дегазації техніки, устаткування, транспорту, засобів захисту, одягу, можливості використання продуктів харчування і води.

Медико-профілактичні і лікувально-евакуаційні заходи .

Профілактичні медичні заходи захисту населення при НС проводяться з метою запобігання або зниження тяжкості поразок, збитку для життя і здоров'я людей в результаті дії небезпечних і шкідливих чинників стихійних лих, аварій и катастроф, а також для забезпечення епідемічного благополуччя в районах НС і в місцях дислокації евакуйованих.

Висновок

Таким чином , захист робочих і службовців фабрики в надзвичайних ситуаціях є системою соціально - економічних, організаційних, технічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, а також законодавчих актів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

7 Охорона праці

В даний час на крупних холодильних установках з помірно низькими температурами найбільш поширений аміак (R717).

Аміак R717, хімічна формула NH_3. Нормальна температура кипіння мінус 33,35 °С. При атмосферному тиску аміак — безбарвний газ, легше за повітря, з різким задушливим запахом.

Найбільш небезпечними властивостями аміаку є його токсичність і вибухонебезпека. Перебування людини протягом декількох хвилин в приміщенні з об'ємною часткою аміаку в повітрі — 0,5÷1% приводить до смертельного результату або сильного отруєння. Температура самозаймання аміаку 630 °С. При об'ємній частці в повітрі понад 11 % і наявності відкритого полум'я аміак починає горіти.

Суміш пари аміаку з повітрям при об'ємній частці 15÷28 % вибухонебезпечна. Максимальний тиск вибуху суміші біля 0,45 МПа. Аміак починає розкладатися при температурі вище 250 °С.

Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною безпекою

Приміщення аміачних машинних і апаратних відділень по вибухопожежною небезпеці відносяться до категорії "А" (клас вибухонебезпеки В-1б). Їх розміщують, як правило, в одноповерхових будівлях, прибудованих до корпусу холодильника або виробничої будівлі, в якій розміщені споживачі холоду.

У машинному відділенні передбачають не менше двох виходів, один з яких — безпосередньо назовні (через тамбур для середньої і північної смуги). Виходи розташовують на максимально можливій відстані один від одного.

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню компресорного цеху

В компресорному цеху знаходиться холодильна машина, апарати якої знаходяться в тому ж приміщенні. Випарний конденсатор, розташован поза будівлею. Висота стелі складає 5,5 м що забезпечує нормативам планування. Компресорний цех має два виходи один з яких безпосередньо назовні.

Апарати що вимагають постійного обслуговування обладнанні спеціальними майданчиками і сходами. Майданчики і сходи огородженні поручнем. Колектор приборів охолодження знаходиться в компресорному цеху, що дозволяє негайно відрегулювати подачу холодоагенту. Усе устаткування розміщене з необхідними проходами, без труднощів обслуговування.

Забезпечення вибухобезпеки експлуатації устаткування

Аміачна холодильна установка – герметична технологічна система, в якій по замкнутому контуру, без виробничих витрат, циркулює холодильний агент. В елементах АХУ відбуваються тільки термодинамічні процеси та пов’язані з ними фазові перетворення аміаку (пара→рідина та рідина→пара).

У приміщеннях та на ділянках аміачної холодильної установки, у суміжних приміщеннях/ділянках, поза приміщеннями, а також у самій установці, за умов нормальної експлуатації технологічної системи витоків

холодильного агенту не відбувається, вибухопожежно небезпечна суміш пари аміаку з повітрям не утворюється. Небезпека виникнення вибуху та пожежі з’являється тільки внаслідок позаштатних аварійних ситуацій, аварій, НС техногенного чи природного походження. Захист технологічного устаткування, трубопроводів та арматури від зруйнування під дією

надлишкового тиску в системі забезпечений конструктивним виконанням елементів установки, системою захисних клапанів, приладами автоматичного захисту АХУ.

Підбір запобіжного клапану

Пропускна здатність запобіжного клапану вибирається так, щоб у посудині або балоні не створився тиск, що перевищує робочий більш ніж на 0.05 МПа для посудин з робочим тиском до 0.3 МПа включно; на 15 % для посудин із $P_{раб}$ = 6 МПа; на 10 % для посудин із $P_{раб}$ > 6 МПа.

Не рідше одного разу в 12 місяців запобіжний клапан перевіряють на стендах з наступним опломбуванням.

Визначимо мінімальну площу перетину клапана

$$F = \frac{M}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot \rho \cdot (P_1 - P_2)}} \ [м^2], \qquad (7.1)$$

де M – масова витрата рідини чи газу, M = 1.168 кг/с;

μ – коефіцієнт витрати газу (рідини) для даної конструкції клапану визначається експериментально і записується у його паспорті, μ = 0.75;

B – коефіцієнт, що враховує фізико-хімічні властивості газу при робочих параметрах та залежить від показника адіабати k = 1.13 й відношення тисків $\frac{P_2}{P_1}$ = 0.076;

$$B = 1.59\sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}} \qquad (9.2)$$

P1, P2 – відповідно тиск спрацювання клапану та абсолютний тиск за клапаном, P2 = 0.1 МПа, P1 = 1,3 МПа;

ρ – щільність середовища при тиску P1 та температурі перед клапаном, ρ = 13.5 $\frac{кг}{м^3}$.

$$F = \frac{1.168}{0.75 \cdot 0.909\sqrt{2 \cdot 13.5 \cdot (1.3 - 0.1) \cdot 10^6}} = 3 \cdot 10^{-4}$$ м^2

Діаметр клапану

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}$$ [м], (7.3)

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{3.14}} = 0.019 \text{ ì}$$

Обираємо діаметр клапану з стандартного ряду d = 0,020 м.

Організація безпечної експлуатації на холодильних установках.

Мета організаційних заходів щодо техніки безпеки на холодильних установках — створення безпечних умов праці шляхом постійного контролю за дотриманням правил монтажу, експлуатації і ремонту устаткування і систем установок, а також шляхом підтримки технічних знань обслуговуючого персоналу на необхідному рівні.

Адміністрація підприємства забезпечує холодильну установку необхідним штатом персоналу. Чисельність машиністів і слюсарів - ремонтників для обслуговування установки повинна відповідати «Нормативам чисельності робочих холодильних установок». Холодильна установка обслуговується, як правило, не менше чим двома машиністами в зміну. Обслуговування установки одним машиністом в зміну допускається тільки в тому випадку, якщо за умовами технологічного процесу можливе тимчасове припинення холодопостачання з виключенням холодильної установки.

Заземлювання.

Заземлювання потрібно підключати до корпусів електричних машин, трансформаторів, реостатів, металевим корпусам вимикачів, запобіжників та штепселів, каркасам щитів, металевим оболонкам кабелів, приводам електроустаткування, металевим частинам прожекторів та іншим не струмопровідним частинам.

Розрахунок штучного заземлювання

Мета розрахунку полягає у визначенні основних параметрів штучного заземлювання – число, розміри та порядок розміщення окремих заземлювачів та заземлюючих провідників.

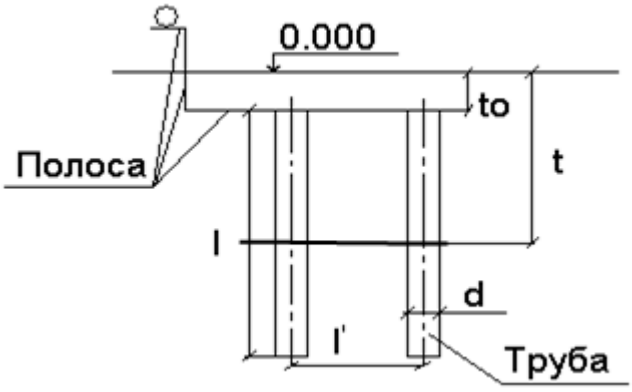


Рис.7.1 – Схема заземлювання

Потрібний опір заземлюючого пристрою в електроустановках з напругою до 1000 В складає $R_{тр} = 4$ Ом [6].

Визначимо розрахункове значення питомого опору ґрунту

$$\rho_р = \rho_ф \cdot \psi, \qquad (7.4)$$

де $\rho_ф$ – питомий опір ґрунту – опір 1 м^3 ґрунту між протилежними гранями, до яких прикладені вимірювальні електроди. Питомий опір ґрунту залежить від структури ґрунту, її вологості, розчиненої солі, а також від пори року;

приймаємо $\rho_ф = 40$ Ом·м для глини [6]

ψ – кліматичний коефіцієнт, враховуючий сезонні коливання вологості ґрунту, ψ = 1,1..2 [6]

приймаємо ψ = 1,1.

$$\rho_р = 1{,}1 \cdot 40 = 44 \quad \text{Ом·м.}$$

Для штучного заземлювання приймаємо електроди – вертикальні сталеві труби діаметром 40 мм, полосова сталь 9 × 3 мм. Спочатку обираємо систему розташування вертикальних заземлювачів – в ряд.

Задаємося довжиною вертикального заземлювача з умови

$$\frac{l'}{l} = 1;2;3, \qquad (7.5)$$

де l' – відстань між заземлювачами, l' = 6 м;

l – довжина заземлювача.

$$l = \frac{l'}{2} = \frac{6}{2} = 3 \quad \text{м}$$

приймаємо, що $t_o \geq 0.5$ м – глибина, на яку заглиблюються заземлювачі

$$t = \frac{l}{2} + t_o = \frac{3}{2} + 0.5 = 2 \quad \text{м}$$

Розрахуємо опір одного вертикального заземлювача

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

$$R_o = \frac{44}{2\pi \cdot 3} \cdot \left(\ln\frac{2 \cdot 3}{0.035} + \frac{1}{2}\ln\frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 12.93 \quad \text{Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

$$n = \frac{R_o}{R_{тр}} = \frac{15.29}{4} = 3.23 \quad \text{шт}$$

обираємо стандартну кількість заземлювачів n' = 4 шт.

Визначимо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{св} = \frac{R_o}{n' \cdot \eta_в}, \qquad (7.7)$$

де $\eta_в$ – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, $\eta_в$ = 0,77 [6].

$$R_{св} = \frac{12.93}{4 \cdot 0.89} = 3.63 \text{ Ом}$$

Визначимо опір з'єднувальної смуги:

Довжина смуги:

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

Довжина смуги не повинна перевищувати 150 м

Опір смуги:

$$R_n = \frac{P_p}{2\pi L \eta_г} \cdot \ln \frac{L^2}{d \cdot t_o}, \qquad (7.8)$$

де $\eta_г$ – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів, $\eta_г$ = 0.92 [6].

d = 0.5; b =0.5·0.012 = 0.006 м – для смуги шириною b

$$R_n = \frac{44}{2\pi \cdot 18 \cdot 0.92} \cdot \ln \frac{18^2}{0.006 \cdot 0.5} = 4.9 \text{ Ом}$$

Визначимо загальний опір системи

$$R_c = \frac{R_n \cdot R_{св}}{R_n + R_{св}} < R_{тр} \qquad R_c = \frac{4.9 \cdot 3.63}{4.9 + 3.63} = 2.08 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Протипожежні заходи

Протипожежні заходи забезпечуються комплексом проектних рішень, спрямованих на попередження пожежі та вибуху, а також створення умов, які сприяють успішному гасінню пожежі, перешкоджають її поширенню та забезпечують можливість евакуації працівників та матеріальних цінностей.

Згідно діючих типових "Правил пожежної безпеки для промислових підприємств", "Правилам устрою и безпечною експлуатації аміачних холодильних установок", ВНТП-СНиП-46-25.96 у приміщенні компресорної передбачається установка щиту первісних засобів гасіння пожежі з комплектом засобів: вогнегасник пінний – 2 шт.;вогнегасник вуглекислотний – 1 шт.; ящик з піском (V=0.1 м^3) та лопата; лопата; багор; відро.

Визначення об'єму недоторканого запасу води для гасіння пожежі

Розрахуємо ємність пожежного резервуару для гасіння пожежі на промисловому підприємстві виходячи з наступних даних:

об'єм приміщення компресорного цеху V =494 м^3

категорія приміщення – А

Ємність водоймища визначимо з умови забезпечення необхідної за нормами витрати води на зовнішнє пожежогасіння протягом розрахункового часу [6]

$$V_â = \frac{k \cdot g \cdot n \cdot \tau}{1000} \cdot 3600 \quad [м^3], \qquad (7.9)$$

де k – коефіцієнт запасу, k = 1.1..1.2 , приймаємо k = 1,2;

g – витрата води на зовнішнє пожежогасіння, g = 10 $\frac{л}{с}$;

n – кількість одночасних пожеж, згідно зі СНіП 2.04.02-84, приймаємо n = 1;

τ – тривалість гасіння пожежі.

Згідно зі СНіП 2.04.02-84 при ступені вогнестійкості I и II з виробництвами категорій Г та Д розрахункову тривалість гасіння пожежі слід приймати рівною двом годинам; в інших випадках – три години, приймаємо

τ = 3 г.

$$V_в = \frac{1.2 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 3}{1000} \cdot 3600 = 130 \quad м^3$$

Виробнича санітарія

Попередження виникнення шкідливих виробничих факторів можливо тільки за умов суворого дотримання санітарно-технічних вимог та норм, визначених санітарними нормами відповідних розділів будівельних норм та правил и Держстандарту.

Вимоги особистої гігієни та виробничої санітарії, засоби виявлення першої медичної допомоги при нещасних випадках розглядаються у вступному інструктажі.

Вентиляція

Вид вентиляції залежить від вживаного хладогента. Машинні і апаратні відділення аміачних холодильних установок повинні бути обладнані системами витяжної вентиляції з кратністю повітрообміну в годину, визначуваною розрахунком, але не менше 2 для притоки і 3 для витяжки.

Тамбури-шлюзи і приміщення щитів автоматизації, суміжні з машинними відділеннями, обладнали окремими системами вентиляції приточування, що постійно діяли, забезпечують кратність повітрообміну не менше 5 об'ємів в годині Системи вентиляції мають резервні вентилятори, що автоматично включаються при виході з ладу основних.

Визначимо видатність вентиляції з кратності повітрообміну

$$L = k \cdot V_{пом} \left[\frac{м^3}{год} \right], \qquad (7.10)$$

де k – кратність повітрообміну, приймаємо для робочої вентиляції: а) припливної k = 2 год$^{-1}$; б) витяжної k = 3 год$^{-1}$; в) аварійної k=8 год$^{-1}$

$V_{пом}$ – об’єм приміщення, $V_{пом}$ = 594 м^3.

Тоді $L_{прит} = 2 \cdot 938 = 1876 \ \frac{м^3}{год}$

$L_{выт} = 3 \cdot 938 = 2814 \ \frac{м^3}{год}$ $L_{ав}$=8·938=7504 м^3/год

Визначимо потужність вентилятора

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta Pn}{\eta_в \cdot \eta_{пр} \cdot 3.6 \cdot 10^6} \text{ [кВт]}, \qquad (7.11)$$

де k – коефіцієнт запасу, k = 1,05..1,5;

L – видатність вентиляції, $\frac{м^3}{год}$;

ΔP_n – втрати тиску в мережі повітроводів;

приймаємо для робочої вентиляції:

– високонапірні вентилятори (2900 < ΔPn < 4500) Па;

$\eta_в$ – КПД вентилятора, $\eta_в$ = 0,6..0,8;приймаємо $\eta_в$ = 0,7;

$\eta_{пр}$ – КПД приводу при клиноремінній передачі η = 0,95.

припливна – $N = \frac{1.2 \cdot 1876 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 1.88$ кВт

витяжна - $N = \frac{1.2 \cdot 2814 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 2.82$ кВт

аварійна – $N = \frac{1.2 \cdot 7504 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 7.52$ кВт

Приймаю для аварійної вентиляції відцентровий вентилятор Ц4-70 № 8 при n = 720 об/хв; для припливної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 6 при n = 960 об/ хв; для витяжної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 5 при n = 1440 об/ хв.

Освітлення

У приміщеннях машинних і апаратних відділень холодильних установок передбачають наступні види штучного освітлення: робоче, аварійне і місцеве (для ремонту, огляду і т. п.).

Освітленість робочих поверхонь в машинних і апаратних відділеннях, що створюється робочим освітленням, повинна складати не менше, 75 лк при використанні ламп розжарювання або не менше 150 лк при використанні люмінесцентних ламп .

Освітленість приладів контролю повинна складати не менше 300 лк при використанні будь-яких ламп.

Окрім робочого освітлення, в приміщеннях машинних і апаратних відділень передбачають аварійне освітлення від незалежного джерела, що автоматично включається при відключенні основного джерела освітлення. У машинних відділеннях автоматизованих хладонових установок аварійне освітлення може не передбачатися.

Для місцевого освітлення при огляді, ремонті і очищенні внутрішніх порожнин машин і апаратів аміачних холодильних установок застосовують переносні світильники у вибухозахищеного виконання напругою не вище 12В.

Розрахунок освітлення

Розміри приміщення А×В×Н = (12×9×5.5) м. Світильники прийняті у вибухозахищеному виконанні; лампи – люмінесцентні; система освітлення – загальна.

Визначимо відстань, між центрами світильників виходячи з умови

$$\frac{L}{Hp} = 1.5 \Rightarrow L = 1.5 \cdot Hp \text{ , м}$$

$$L = 2.8 \cdot 1.5 = 4.2 \text{ м}$$

Визначимо кількість світильників

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \text{ [шт],} \qquad (7.12)$$

$$N = \frac{12 \cdot 9}{4.2^2} = 6.12 = 7 \text{ шт}$$

Визначимо світловий потік одного світильника

$$\Phi = \frac{E_H \cdot k \cdot z \cdot S \cdot 100}{N \cdot \eta} \text{ [лм],} \qquad (7.13)$$

де E_H – нормована мінімальна освітленість, E_H = 150 лк [7];

k – коефіцієнт запасу, k = 1,5;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, z = 1,1;

S – площа приміщення, S = 12·9=108 м^2;

η – коефіцієнт використання світлового потоку залежить від: КПД та кривої розподілення сили світла світильника, коефіцієнту відбиття від стелі та стін ($\rho_{ст}$, $\rho_{п}$), висоти підвісу світильників над робочою поверхнею, показника приміщення: $i = \frac{A \cdot B}{Hp \cdot (A+B)} = \frac{12 \cdot 9}{2.8 \cdot (12+9)} = 1.83$ тоді приймаємо η = 33 [7].

$$\Phi = \frac{150 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 108 \cdot 100}{7 \cdot 33} = 11571 \text{ лм}$$

Компонуємо світильник:

Беремо 6 ламп марки ЛДЦ40 зі світловим потоком однієї лампи 2100 лм. Знаходимо сумарний світловий потік одного світильника $\sum \Phi = 12600$ лм.

Припустиме відхилення у розрахунку (-10% ÷ +20%).

$$\Delta = \frac{|\Phi - \sum \Phi|}{\Phi} \cdot 100\% = \frac{|11571 - 12600|}{11571} \cdot 100\% = 8.9\%$$

Потужність освітлювальної установки

$P = N \cdot n \cdot p$ [Вт], (7.14)

де n – кількість ламп у світильнику, n = 6 шт;

p – потужність лампи, p = 40 Вт;

$P = 7 \cdot 6 \cdot 40 = 1680$ Вт.

Долікарська допомога у випадку отруєння аміаком та ураженні електричним струмом

Ураження електричним струмом

Перша долікарська допомога у нещасних випадках від електричного струму складається з двох етапів: звільнення потерпілого від дії струму та надання йому медичної допомоги.

Звільнення потерпілого від дії струму найбільш простий та правильний спосіб – це відключення відповідної частини електроустановки. Якщо відключення швидко зробити неможна через будь-які причини , при напрузі до 1000 В перерубати дроти сокирою з дерев'яною рукояткою або відтягнути потерпілого від струмопровідної частини, тримаючись за його одяг, якщо він сухий, відкинути від нього дріт за допомогою дерев'яної палиці та ін.

При напрузі більше 1000 В слід застосовувати діелектричні рукавиці, боти та в необхідних випадках ізолюючу штангу або ізолюючі кліщі, розраховані на відповідну напругу.

Заходи першої медичної допомоги потерпілому від електричного струму залежать від його стану. Якщо потерпілий у свідомості, але до цього був в непритомності або тривалий час знаходився під струмом, йому необхідно забезпечити повний спокій до прибуття лікаря або терміново доставити до лікувальної установи.

За відсутності свідомості, але диханні, що збереглося, і роботі серця потрібно рівно і зручно укласти постраждалого на м'яку підстилку, розстебнути пояс і одяг, забезпечити притоку свіжого повітря. Слід давати нюхати нашатирний спирт, окропляти потерпілого холодною водою, розтирати і зігрівати тіло.

Якщо постраждалий погано дихає - рідко, судорожно або якщо дихання поступово погіршується, тоді як у всіх цих випадках продовжується нормальна робота серця, необхідно робити штучне дихання.

За відсутності ознак життя треба робити штучне дихання і зовнішній масаж серця

Отруєння аміаком

Постраждалий від отруєння аміаком повинен бути винесений на свіже повітря або в чисте тепле приміщення. При необхідності слід застосувати штучне дихання.

Постраждалий повинен бути звільнений від перешкоджаючого диханню одягу, на ньому треба змінити забруднений одяг і надати йому повний спокій. Зробити інгаляцію теплою парою (через паперову трубочку) з чайника, що містить 1-2% розчин лимонної кислоти в гарячій воді. Дати випити солодкий чай, каву, лимонад або 3% розчин молочної кислоти. Рекомендується у всіх випадках отруєння вдихати кисень в течію 30-45 хв., зігріти постраждалого (обкласти грілками).

У разі глибокого сну і можливого зниження больової чутливості слід дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків грілками.

За наявності явищ роздратування носоглотки необхідне полоскання її 2% розчином соди або водою. Незалежно від стану постраждалий повинен бути направлений до лікаря.

У разі задухи, кашлю потерпілого слід транспортувати в лежачому положенні.

Для надання долікарської допомоги в операторській аміачного компресорного цеху є аптечка, в якій повинні бути:

1–2 % розчин лимонної кислоти;

2–4% розчин борної кислоти;

1% розчин новокаїну, кодеїну (або діоніну);

етиловий спирт, сода;

бинти, вата, марлеві серветки;

мазь Вишневського (або пеніцилінова мазь), йод.

Висновок

Виконуючи усі вимоги по захисту ми огороджуємо себе від небезпеки, вчасно визначитись зоною аварії, нам дає час на ліквідування очагів. Необхідно пам’ятати, що безпека людини та навколишнього середовища в значній мірі знаходиться в руках самої людини. Тому суворе дотримання

правил та вимог охорони праці на підприємстві дає можливість уникнути нещасних випадків та аварій на виробництві.

Висновки

1. Проаналізовано особливості технології виробництва морозива, згідно обраної технології спроектовано план підприємства.

2. Виділено етапи застосування холоду, розраховано теплові баланси, підібрано устаткування.

3. Спроектовано камери загартування та нетривалого зберігання продукту, та приміщення експедиції.

4. Розроблено схемні рішення компонування холодильної установки, проведено теплові розрахунки холодильної машини, підібрано устаткування.

5. Зроблено тепловий та конструктивний розрахунки повітроохолоджувача камери загартування морозива.

6. Розроблено розділ охорони праці та цивільного захисту, які спрямовано на забезпечення безпечної роботи устаткування і персоналу підприємства.

Список використаної літератури

1.Лагутін Ю.А. Апарати холодильних установок, в двох томах, том 1. Одеса: видавництво ОДАХ, 2003.

2. Свердлов Г.З., Явнель Б. К. Курсове та дипломне проектування холодильних установок та систем кондиціювання повітря. - 2-е видання, перераб. і доп.- М.: Харчова промисловість, 1978.- У пров.: 90к.

3. Морозюк Т.В. Теорія холодильних машин та теплових насосів. – Одеса: Студія «Негоціант», 2006. – 712 с. (З додатком).

4. Морозюк Т.В. Проектування поршневого компресора холодильних машин та теплових насосів, 2012. - 712 с.

5. Холодильні установки. Проектування: Навч. посібник/І.Г. Чумак, А.Ю. Лагутін, В.П. Чепурненко, С.Ю. Лар'яновський та ін; за ред. докт. техн. н. проф. І.Г. Чумака.- 3-тє вид., перераб. та доп.- Одеса: Друк, 2007.- 480 с.

6. Мнацаканов Г.К. Основи проектування холодильників [Текст] : навч. посіб. – Одеса : ОГАХ, 2006. – 58 с.

7. Богданов С.Н., Іванов О.П., Куприянов А.В. Холодильна техніка. Властивості речовин [Текст] : довідник. – 3-е вид., перероб. и доп. – М. : Агропроміздат, 1985. – 208 с.

8. Холодильна техніка. Кондиціонування повітря. Властивості речовин. Довідник, Під ред. Богданова С. Н. 4-те вид., перероб. та дод. - СПб: СПбДАХПТ, 1999. - 320 с.

9. Іонов А.Г., Ерліхман В.М. Вибір оптимального перепаду температур для повітроохолоджувачів суднових морозильних апаратів // Холодильна техніка, 1973. - №1. - С. 24–28.

10. Гоголін А.А. Про складання та оптимізацію теплообмінних апаратів холодильних машин // Холодильна техніка, 1981. - №4. - С. 18–21.

11. Желіба Ю.А., Штельмах О.М. Резерви скорочення споживання електроенергії при експлуатації аміачних холодильних установок. Огляд. - Одеса: НДВ "Холод", 1995. - 24 с.

12. Креймер Н.Г. Енергетична ефективність регулювання геометричного ступеня стиснення холодильних гвинтових компресорів // Холодильна техніка, 1992. - №5. - С. 12–16.

13. Абдульманов Х.А., Васильєв В.Я. Порівняння ефективності аміачних холодильних машин з повітряним та водяним охолодженням конденсаторів // Холодильна техніка, 1973. - №8. - С. 4–6.

14. Ерліхман В.М., Іонов А.Г. Зниження енергоспоживання холодильної установки з конденсатор повітряного охолодження // Холодильна техніка, 1983. - №8. - С. 18–22.

15. Іванов. Конденсатори та водоохолоджувальні пристрої. - Л.: Машинобудування, 1980. - 165 с.

16. Гоголін А.А., Данилова Г.М., Азареков В.М., Меднікова Н.М. Інтенсифікація теплообміну у випарниках холодильних машин. - М.: Легка та харчова промисловість, 1982. - 244 с.

17. Досвіт Рой Дж. Основи холодильної техніки. Пров. з англ. - М.: Легка та харчова промисловість, 1984. - 520 с.

18. Україна: Енергозбереження у будинках. Київ: Енергетичний центр ЄС, 1995. - 274 с.

19. Курильов Є.С., Герасимов Н.А. Холодильні установки. Л.: Машинобудування, Ленінградське відділення, 1980. - 622 с.

20. Креймер Н.Г. Енергетична ефективність регулювання геометричного ступеня стиснення холодильних гвинтових компресорів // Холодильна техніка, 1992. - № 5. - с. 12–16.

21. Положення про порядок організації енергетичних обстежень. ЦК України з енергозбереження. 09.04.99 р. № 37.

22. Желіба Ю.А. Нормування втрат від усушки при холодильній обробці та зберіганні на підприємствах м'ясної промисловості. – Одеса: Астропринт, 1997. – 214 с.

23. М.М. Голянд та ін. Експлуатація та відновлення теплоізоляційних конструкцій холодильників. -М: Агропромиздат, 1991. -240 с.

24. Нормативи чисельності робочих холодильних установок. М.- Економіка, 1989. -26 с.

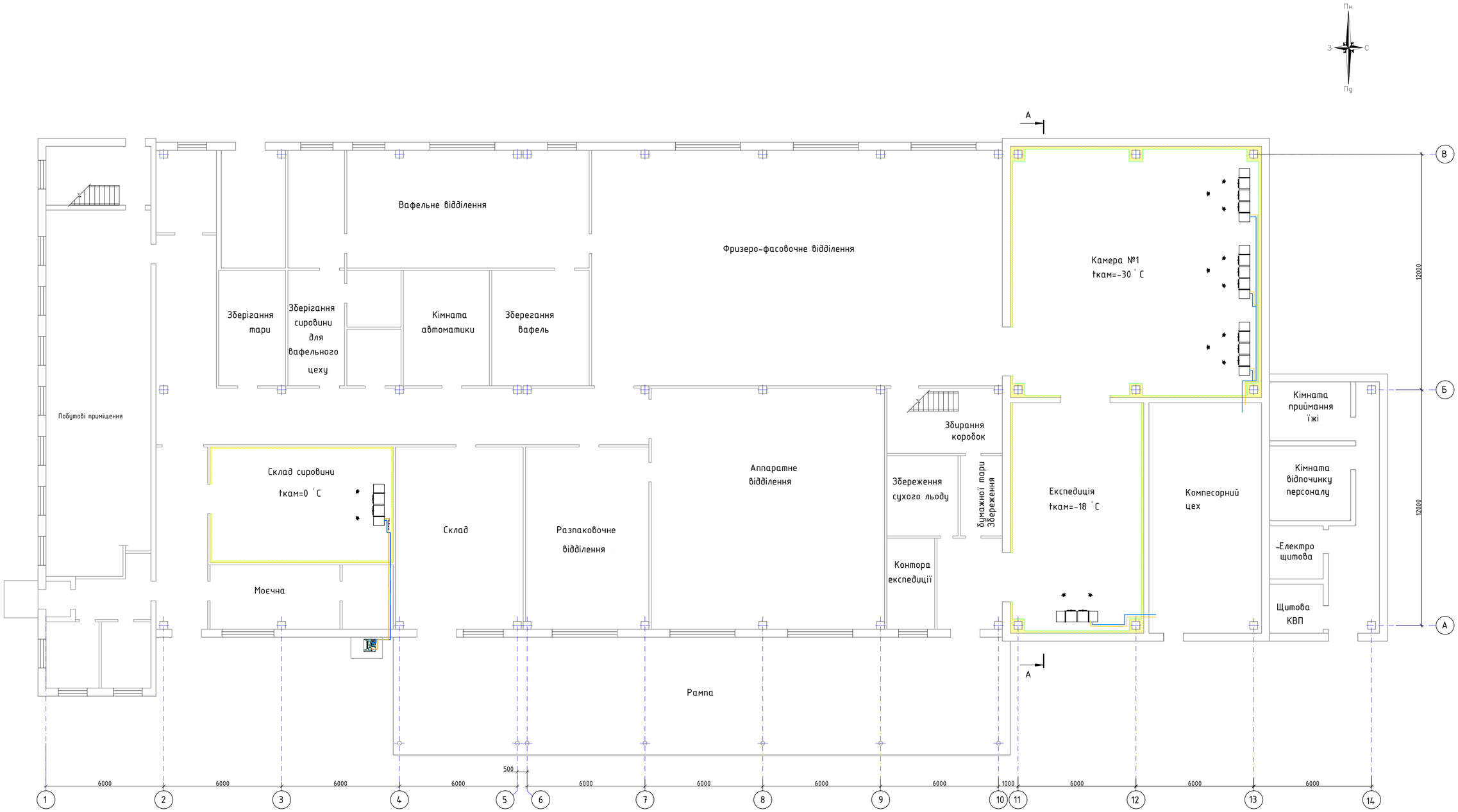
25. Желіба Ю.О. Енергозбереження при виробництві та споживанні холоду // Холод.–2004 р.№ 2.– С. 39-43

26. Желіба Ю.О. Енергозбереження при виробництві та споживанні холоду // Холод.–2004 р. № 3. - С. 44-46.

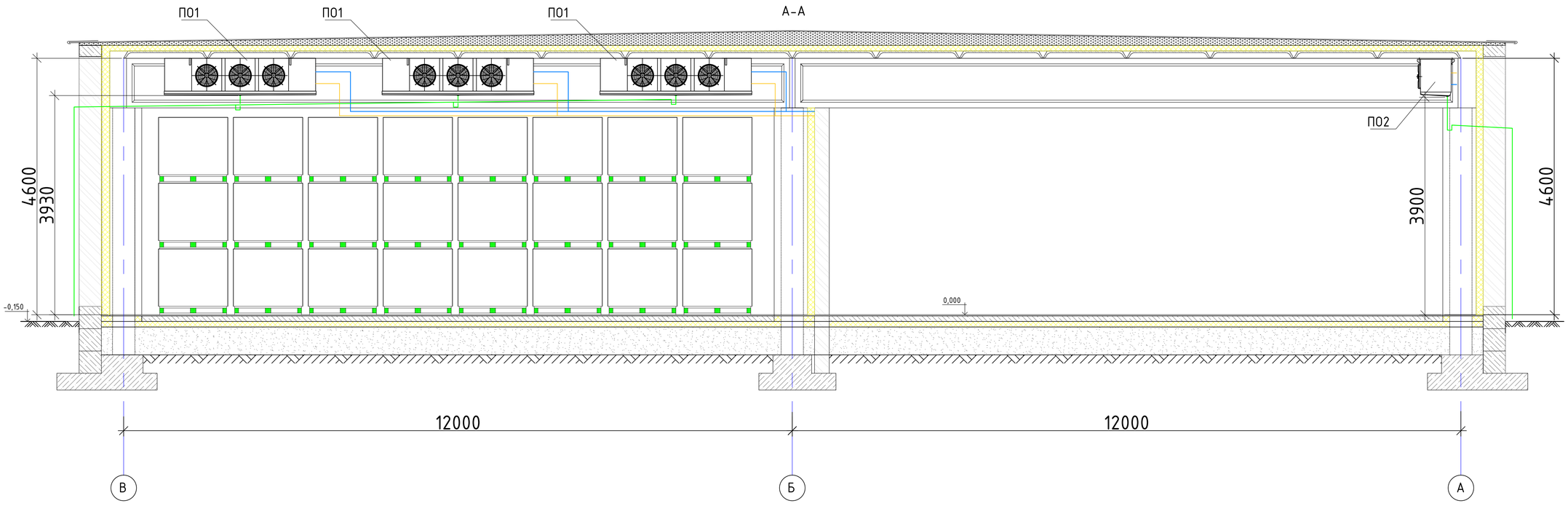
27. Желіба Ю.О. Аху. Про проблеми газів, що не конденсуються // Холод.–2004 р. № 4.-С. 40-45.

28. Желіба Ю.О. Про конденсаторні відділення АХУ та енергозбереження // Холод.–2004 р. № 5. - С. 32-38.

29. Оніщенко. В.П., Желіба Ю.О., Войтко Д.О. Про проблеми та перспективи енергозбереження під час виробництва та споживання штучного холоду // Збірник наукових праць Міжнародної науково-технологічної конференції "Енергоефективність ’2004". Додаток до журналу "Холодильна техніка та технологія". - Одеса, 2004. - С. 160-164.



					КРБ.ХУКП.1.576-03.1.8		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема: "Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину"	Літ.	Маса / Масштаб
Розробив		Сватаненко А.В.					1:100
Перевірив		Желіба Ю.О.				Лист 1	Листів 6
Н.контроль		Желіба Ю.О.			План холодильника	ОНТУ група ЕН-141	



					КРБ.ХУКП.1.576-03.1.8		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема: "Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину"	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Сватаненко А.В.						1:40
Перевірив		Желіба Ю.О.				Лист 2	Листів 6	
Н.контроль		Желіба Ю.О.			Розріз А-А	ОНТУ група ЕН-141		

Експедиція

ПО.2

ПО.1

ПО.1

ПО.1

Камера №1

ПО.1

0,02

0,02

0,02

11n

11n

11p

11a

11n

11p

11a

11n

11p

Фрізер

11пр

11n

11p

11пр

11n

11p

PG

PT

QRV 8 barg

ICLX

7bar PC

CVP-M 4-28

13

17

11пр

11a

Плівковий випарник

1m

Вода

1m

12

18

12

18

Бак крижаної води

H

LT

L

1m

1m

НВ1.1

НВ1.2

НВ2.1

НВ2.2

PG

PT

1m

1x

1m

1m

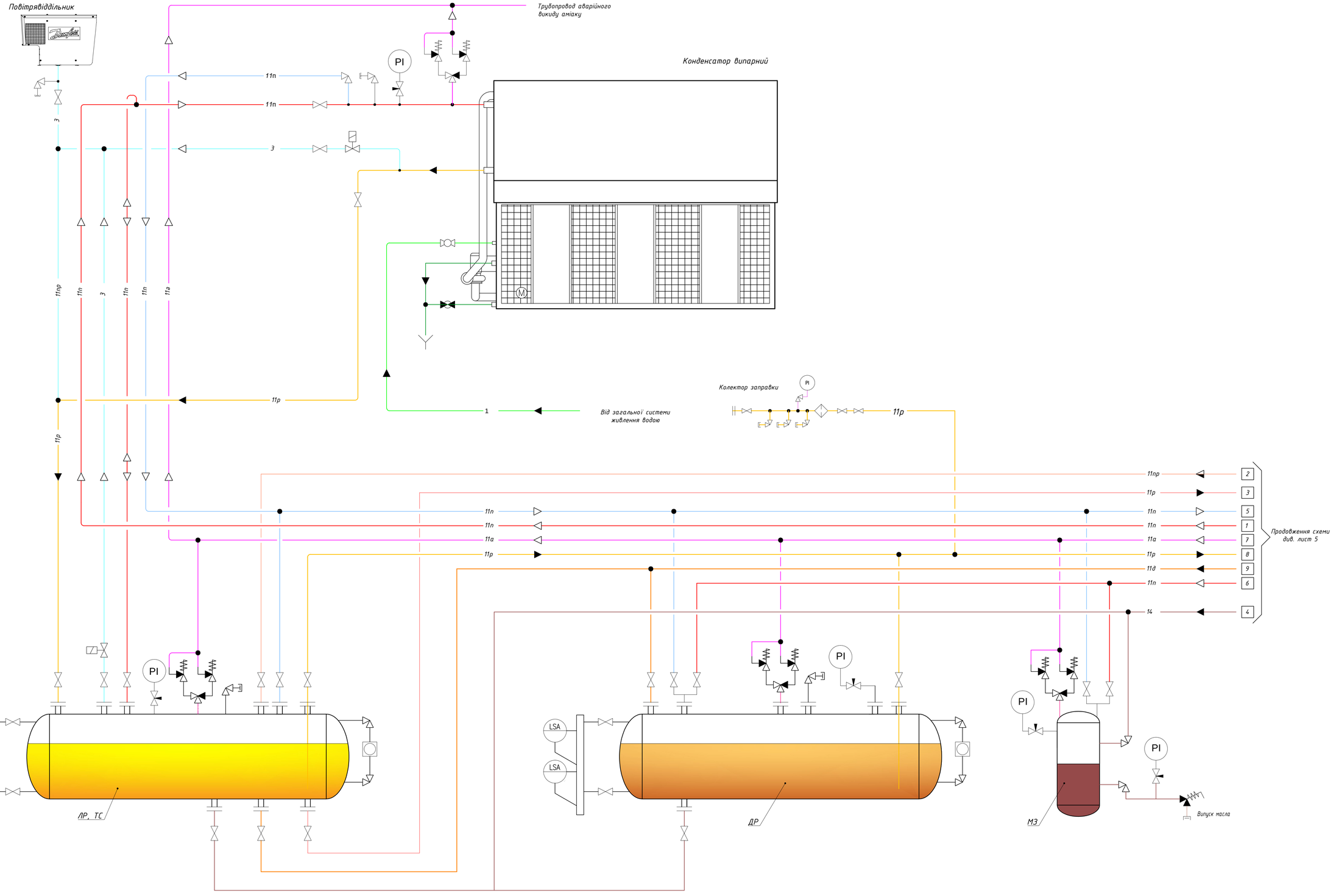
1x

1x

Охолодження молока після прийомки

Охолодження суміші після пастеризації

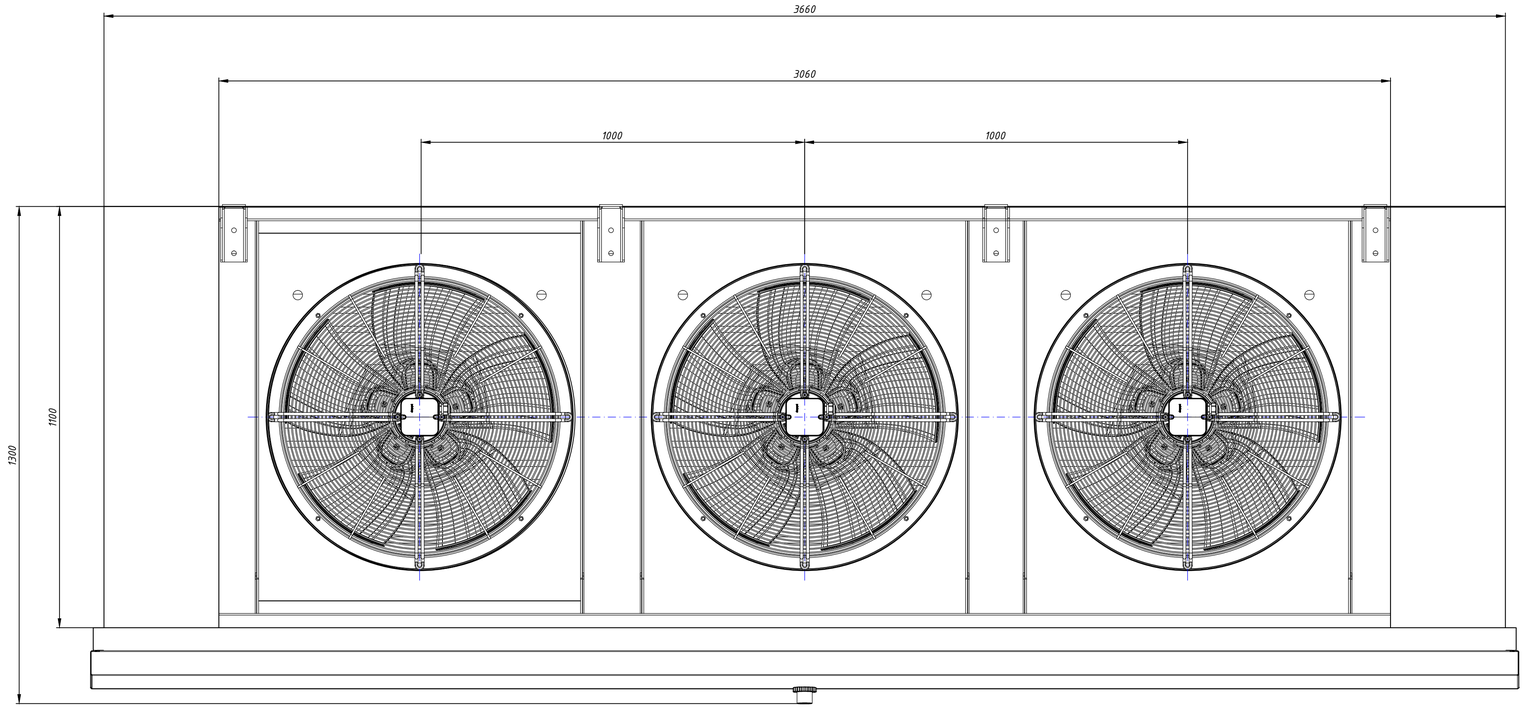
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.576-03.1.8			
Розробив		Сватаненко А.В.			Тема: "Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину"	Літ.	Маса	Масштаб
Перевірив		Желіба Ю.О.						
						Лист 3	Листів 6	
Н.контроль		Желіба Ю.О.			Схема. Технологія	ОНТУ група ЕН-141		

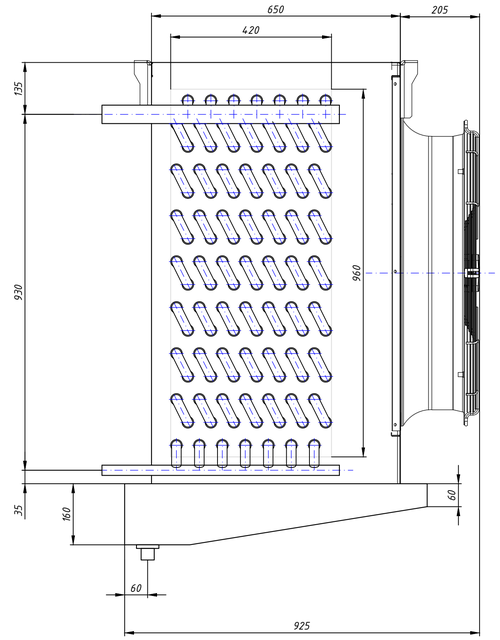


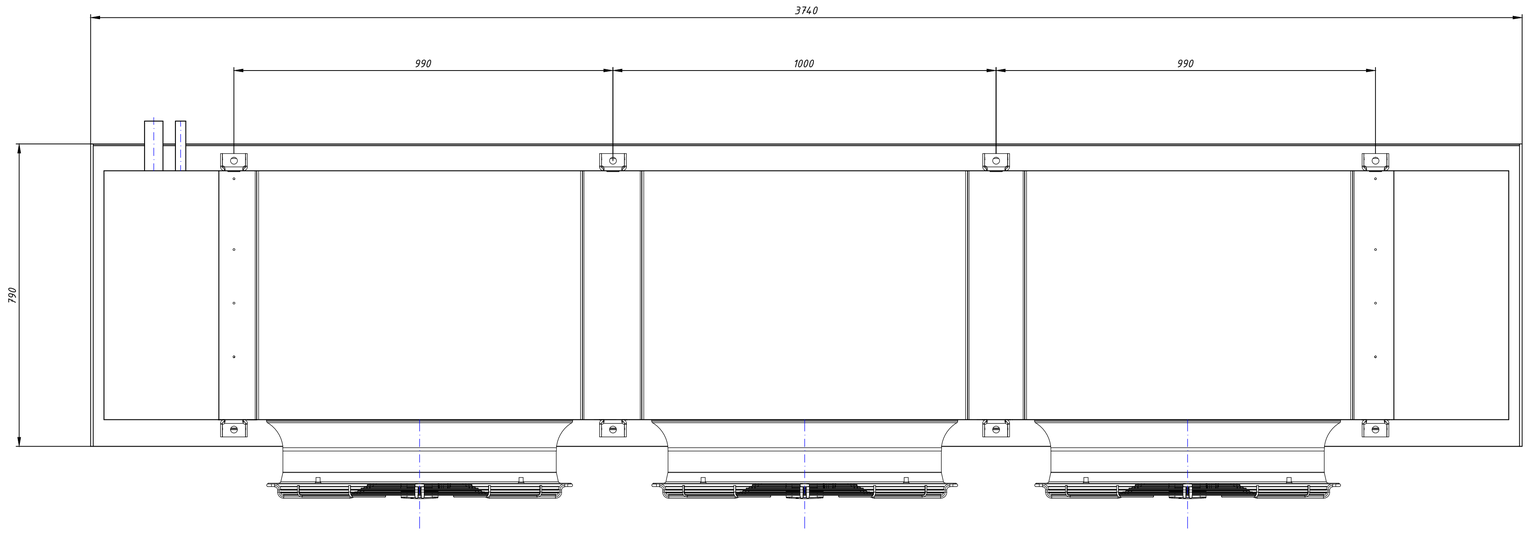
					КРБ.ХУКП.1.576-03.1.8	
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема: "Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину"	Літ. / Маса / Масштаб
Розробив		Сватаненко А.В.				
Перевірив		Желіба Ю.О.				Лист 4 / Листів 6
Н.контроль		Желіба Ю.О.			Схема. Конденсаторне відділення	ОНТУ група ЕН-141

1
2
3 11р
4 14
5 11п
6 11п
7 11а
8 11р
9 11д
Продовження схеми див. лист 4
11п
11пр
11а
КМ1
КМ2 резерв
КМвс.1
КМнс.1
КМнс.2 резерв
PI
PT
LT
LSA
M
PDG
ЦР1
ЦР2
ЦР3
Система -15 °С
Система -5 °С
Система -35 °С
НА1.1
НА1.2
НА2.1
НА2.2
НА3.1
НА3.2
7bar
СУС-М 4-28
10
11
18
16
12
13
17
14
15
Продовження схеми див. лист 3
Продовження схеми див. лист 3

					КРБ.ХУКП.1.576-03.1.8			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема: "Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину"	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив		Сватаненко А.В.						1:20
Перевірив		Желіба Ю.О.				Лист 5	Листів 6	
Н.контроль		Желіба Ю.О.			Схема. Компресорний цех	ОНТУ група ЕН-141		







					КРБ.ХУКП.1.576–03.1.8		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Тема: "Розробка принципових схемних рішень холодильної установки фабрики морозива продуктивністю 2.4 тони на годину"	Літ.	Маса / Масштаб
Розробив		Сватаненко А.В.					1:8
Перевірив		Желіба Ю.О.				Лист 6	Листів 6
Н.контроль		Желіба Ю.О.			Повітроохолоджувач	ОНТУ група ЕН-141	