



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Дослідження та оптимізація холодильної установки цеху по виробництву заморожених напівфабрикатів продуктивністю 8 тон на добу

Здобувача Янінова С.В.
2 курсу ХМ-161МН групи
Керівник к.т.н., доц. Зімін О.В.
Консультанти: к.т.н, доц. Жихарєва Н.В.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 28.05.2026 р. протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2026 рік

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

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

20 листопада 2025 р.

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

Янінов Сергій Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження та оптимізація холодильної установки цеху по виробництву заморожених напівфабрикатів продуктивністю 8 тон на добу»

Затверджена наказом ОНТУ від № 51-03 від 30.01.25 р.

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи: 12.06.26 р.

3. Вихідні дані роботи: Холодильна установка цеху по виробництву заморожених напівфабрикатів продуктивністю 8 тон на добу, який розташовано у м. Одеса

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

Вступ; Теоретична частина; Порівняльний аналіз швидкомерозильних апаратів
Розрахунок спірального швидкомерозильного апарату; Розрахунок камери зберігання напівфабрикатів; Підбір холодильного обладнання; Розрахунок повітряного конденсатора; Розрахунок повітроохолоджувача; Тепловий розрахунок, підбір допоміжного устаткування; Охорона праці.

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

План виробничого цеху; Ескіз ШМА; Ізометрична схема компресорного цеху; Ескіз повітроохолоджувача.

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: 20.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ; Теоретична частина	01.02.- 15.02.2026 р.	виконано
2	Порівняльний аналіз швидкокоморозильних апаратів; Розрахунок спірального швидкокоморозильного апарату	16.02.- 28.02.2026 р.	виконано
3	Розрахунок камери зберігання напівфабрикатів	1.03.- 31.03.2026 р.	виконано
4	Тепловий розрахунок холодильної системи Підбір холодильного обладнання та допоміжного устаткування	01.04.- 15.04.2026 р.	виконано
5	Розрахунок повітроохолоджувача; Охорона праці	16.04.- 30.04.2026 р.	виконано

Здобувач-дипломник _____ Янінов С.В.

Керівник роботи _____ доц. Зімін О.В.

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 _____ Янінов Сергій Володимирович

Анотація

к кваліфікаційної роботі магістра на тему

«Дослідження та оптимізація холодильної установки цеху по виробництву заморожених напівфабрикатів продуктивністю 8 тон на добу»

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, графічної частини та презентації.

Метою роботи розробка та дослідження схемного рішення холодильної установки цеху по виробництву заморожених напівфабрикатів продуктивністю 8 тон на добу.

У роботі досліджено особливості сучасних технологій виготовлення заморожених напівфабрикатів та розроблено холодильний ланцюг для даного підприємства. Обґрунтовано вибір технологічної схеми виробництва й визначено етапи, на яких необхідне застосування холодильного обладнання. Виконано розрахунок теплових балансів і встановлено необхідне холодильне навантаження для забезпечення технологічних процесів. Розроблено планувальні рішення камер зберігання заморожених напівфабрикатів та визначено теплопритоки для кожної камери. Проведено розрахунок повітроохолоджувача, виконано теплотехнічні розрахунки, а також здійснено підбір основного і допоміжного обладнання. Окрему увагу приділено енергетичному аналізу роботи холодильної установки при використанні різних холодильних агентів.

Отримані результати можуть бути використані під час проектування нових і модернізації діючих підприємств, спеціалізованих на виробництві заморожених напівфабрикатів.

Abstract

for the Master's Qualification Thesis on the topic:

“Research and Optimization of the Refrigeration System for a Frozen Semi-Finished Products Production Workshop with a Capacity of 8 Tons per Day”

The qualification thesis consists of an explanatory calculation report, a graphical part, and a presentation.

The purpose of the work is to develop and investigate the design solution of the refrigeration system for a frozen semi-finished products production workshop with a capacity of 8 tons per day.

The thesis examines the features of modern technologies for the production of frozen semi-finished products and develops a refrigeration chain for the given enterprise. The choice of the technological production scheme is substantiated, and the stages requiring the use of refrigeration equipment are identified. Heat balance calculations are performed, and the required refrigeration load for ensuring technological processes is determined. Layout solutions for frozen semi-finished product storage chambers are developed, and heat gains for each chamber are calculated. An air cooler calculation and thermal engineering calculations are carried out, and the main as well as auxiliary equipment is selected. Particular attention is paid to the energy analysis of the refrigeration system operation when using different refrigerants.

The obtained results can be used in the design of new enterprises and in the modernization of existing facilities specializing in the production of frozen semi-finished products.

1 Вступ.....	7
2 Теоретична частина.....	20
3 Порівняльний аналіз швидкоморозильних апаратів	25
4 Розрахунок спірального швидкоморозильного апарату	43
5 Розрахунок камери зберігання напівфабрикатів.....	43
6 Підбір холодильного обладнання.....	61
7 Тепловий розрахунок, підбір допоміжного устаткування.....	64
8 Розрахунок повітроохолоджувача.....	70
9 Охорона праці.....	78
10 Висновки	89
Список використаної літератури	

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка					
Розроб.		Янінов С.В.						Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Зімін О.В.							6	91
Реценз.								ІКХЕ гр.ХМ-161МН		
Н. Контр.		Зімін О.В.								

1 Вступ

Виробництво заморожених напівфабрикатів: сучасні технології.

Виробництво заморожених напівфабрикатів є однією з найбільш динамічних галузей харчової промисловості. Зростання попиту на продукцію швидкого приготування обумовлене змінами способу життя населення, урбанізацією, підвищенням темпу життя та необхідністю скорочення часу на приготування їжі. Сучасний споживач прагне отримати продукт, який поєднує високу якість, безпеку, зручність використання та тривалий термін зберігання. Саме тому підприємства, що займаються виробництвом заморожених напівфабрикатів, активно впроваджують нові технології охолодження, автоматизації та контролю якості.

До категорії напівфабрикатів належать вироби, які пройшли певну стадію кулінарної або технологічної підготовки та потребують мінімальної доробки перед споживанням. Найбільш поширеними є м'ясні, рибні, овочеві, борошняні та комбіновані напівфабрикати. Особливо популярними є пельмені, вареники, котлети, фрикадельки, нагетси, млинці з начинкою, овочеві суміші та курячі напівфабрикати.

Основною перевагою заморожування є можливість значного подовження терміну зберігання без використання консервантів. При правильному технологічному процесі в продукті зберігаються смакові властивості, поживна цінність, структура тканин та вміст вітамінів. Водночас виробництво заморожених напівфабрикатів потребує ретельного дотримання санітарних вимог, безперервного холодильного ланцюга та точного контролю температурних режимів на всіх стадіях технологічного циклу.

Першим етапом виробництва є приймання сировини. Якість готової продукції безпосередньо залежить від характеристик м'яса, риби, овочів, борошна та інших компонентів. Сировина повинна відповідати вимогам безпеки, мати необхідні органолептичні показники та супроводжуватись

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідною документацією. Після приймання здійснюється контроль температури, вологості, зовнішнього вигляду та мікробіологічних показників.

Для м'ясної продукції особливе значення має підтримання низької температури ще на стадії зберігання сировини. Охолоджене м'ясо зазвичай зберігається при температурі від 0 до +2 °С, тоді як заморожене — при температурі не вище -18 °С. Недотримання температурних режимів призводить до активізації розвитку мікроорганізмів, погіршення структури тканин та втрати якості продукції.

Після приймання сировина надходить до виробничих цехів, де виконується її підготовка. Для м'ясної сировини це може бути обвалювання, жилування, подрібнення та приготування фаршу. Овочі проходять миття, сортування, очищення та нарізання. На даному етапі важливо мінімізувати час перебування продукту при позитивних температурах, оскільки це впливає на загальний санітарний стан виробництва.

Наступною стадією є формування виробів. Залежно від типу продукції використовуються різні технологічні лінії. Наприклад, для виробництва пельменів застосовуються автоматичні апарати, які одночасно формують тістову оболонку та дозують начинку. Для котлет і фрикадельок використовують формувальні машини, що забезпечують однакову масу та геометричні параметри виробів. Автоматизація процесів дозволяє підвищити продуктивність підприємства та забезпечити стабільну якість готової продукції.

Холодильний ланцюг у виробництві заморожених напівфабрикатів є одним із ключових елементів сучасної харчової промисловості. Його основним завданням виступає забезпечення стабільної низькотемпературної обробки сировини та готової продукції на всіх етапах технологічного процесу — від приймання м'ясної чи рослинної сировини до транспортування готових заморожених виробів до торговельних мереж. Без правильно організованого холодильного ланцюга неможливо гарантувати

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

безпеку, високу якість, тривалий термін зберігання та стабільні органолептичні характеристики напівфабрикатів.

Сучасний ринок харчових продуктів демонструє постійне зростання попиту на швидкозаморожені продукти. Це пояснюється зміною способу життя населення, підвищенням темпу життя та необхідністю скорочення часу на приготування їжі. Заморожені напівфабрикати дозволяють споживачу отримати готовий до термічної обробки продукт із мінімальними затратами часу. Саме тому підприємства харчової промисловості активно впроваджують сучасні технології шокового охолодження, швидкого заморожування та низькотемпературного зберігання.

Під холодильним ланцюгом розуміють сукупність технологічних операцій, обладнання та транспортних засобів, які забезпечують підтримання необхідних температурних режимів під час виробництва, зберігання та реалізації продукції. Для заморожених напівфабрикатів особливе значення має безперервність холодильного ланцюга. Навіть короткочасне підвищення температури може призвести до погіршення структури продукту, втрати маси, розвитку мікроорганізмів або повторного заморожування, що негативно впливає на якість.

Початковою ланкою холодильного ланцюга є приймання сировини. Для виробництва заморожених напівфабрикатів використовують м'ясо, птицю, рибу, овочі, тістові компоненти, спеції та допоміжні інгредієнти. Сировина повинна доставлятися на підприємство спеціалізованим транспортом із холодильними установками. Температура охолодженого м'яса зазвичай підтримується на рівні від 0 до +4 °С, а замороженої сировини — не вище -18 °С. Після прибуття продукції на підприємство здійснюється контроль температури, санітарного стану та якості сировини.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ХОЛОДИЛЬНИЙ ЛАНЦЮГ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЗАМОРОЖЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ



Для зберігання охолодженої сировини використовують холодильні камери з температурою від 0 до +2 °С. Заморожену сировину зберігають у морозильних камерах при температурі -18...-25 °С. Важливим завданням на цьому етапі є мінімізація коливань температури та запобігання утворенню конденсату. Для цього застосовують теплоізольовані огорожувальні конструкції, автоматичні системи керування та сучасні повітроохолоджувачі.

Наступним етапом є підготовка сировини до виробництва. Заморожене м'ясо або інші компоненти можуть проходити процес дефростації. Розморожування проводиться у спеціальних камерах при контрольованих температурах, зазвичай від 0 до +6 °С. Повільне розморожування дозволяє зменшити втрати м'ясного соку та зберегти структуру продукту. На деяких підприємствах використовуються інтенсивні методи дефростації із застосуванням циркуляції повітря або вакуумних технологій.

Після підготовки сировина надходить у виробничі цехи. На цьому етапі важливо підтримувати стабільну температуру повітря у приміщеннях. Для м'ясопереробних цехів температура зазвичай становить +10...+12 °С, а в

						КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
							10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

окремих технологічних зонах може бути ще нижчою. Це необхідно для уповільнення розвитку мікрофлори та збереження якості фаршу чи інших компонентів.

У процесі виробництва заморожених напівфабрикатів використовуються різні технологічні операції: подрібнення, перемішування, формування, панірування, фасування. Під час цих процесів температура продукту не повинна суттєво підвищуватися. Особливо це стосується виробництва м'ясних напівфабрикатів, оскільки нагрівання фаршу сприяє активізації мікробіологічних процесів та погіршенню консистенції.

Однією з найважливіших стадій холодильного ланцюга є попереднє охолодження продукції після формування. Перед заморожуванням напівфабрикати повинні мати температуру, максимально наближену до 0 °С. Це дозволяє скоротити тривалість заморожування та знизити енергетичні витрати. Для охолодження використовують камери інтенсивного охолодження або тунельні системи із примусовою циркуляцією холодного повітря.

Основним процесом холодильного ланцюга є швидке заморожування продукції. Саме від правильності організації цього етапу залежить кінцева якість напівфабрикатів. При повільному заморожуванні в тканинах продукту утворюються великі кристали льоду, які руйнують клітинну структуру. У результаті після розморожування продукт втрачає вологу, стає сухим та менш соковитим. Швидке заморожування забезпечує утворення дрібних кристалів льоду, що мінімально пошкоджують структуру тканин.

Для виробництва заморожених напівфабрикатів широко використовують апарати шокового заморожування. Температура повітря у таких установках може досягати -30...-40 °С, а швидкість руху повітря становить 3-6 м/с. Завдяки цьому процес заморожування проходить дуже швидко, а температура в центрі продукту досягає -18 °С за відносно короткий час.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільш поширеними типами морозильного обладнання є тунельні морозильні апарати, спіральні морозильники та плиткові морозильні установки. Тунельні системи використовуються для безперервного заморожування продукції на конвеєрах. Вони забезпечують високу продуктивність та рівномірне охолодження виробів. Спіральні морозильники дозволяють економити виробничу площу завдяки вертикальному розміщенню транспортера. Плиткові морозильні апарати застосовуються переважно для продукції правильної форми та упаковок.

Після завершення заморожування продукція надходить до камер зберігання. Температура у морозильних складах підтримується на рівні – 18...–25 °С. Для довготривалого зберігання важливе значення має стабільність температурного режиму та рівномірний розподіл повітря. Система повітророзподілу повинна забезпечувати однакові умови у всьому об'ємі камери, щоб уникнути локальних зон підвищеної температури.

Сучасні морозильні склади оснащуються автоматизованими системами контролю температури та вологості. Використовуються електронні датчики, системи диспетчеризації та програмне забезпечення для моніторингу роботи холодильного обладнання. У разі відхилення параметрів система подає сигнал оператору або автоматично змінює режим роботи установки.

Особливу роль у холодильному ланцюгу відіграє теплоізоляція приміщень. Для будівництва морозильних камер використовують сендвіч-панелі з пінополіуретановим наповнювачем. Високоякісна теплоізоляція дозволяє знизити теплопритоки та зменшити витрати електроенергії. Важливим елементом є також герметичність дверей, наявність повітряних завіс та систем обігріву дверних рам для запобігання обмерзанню.

Холодильний ланцюг неможливо уявити без правильно підібраної холодильної установки. На сучасних підприємствах застосовують централізовані аміачні або фреонові системи холодопостачання. Аміак є одним із найефективніших холодильних агентів завдяки високій

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективності та низькій вартості. Проте через токсичність аміаку необхідно дотримуватися підвищених вимог безпеки.

Останніми роками все більшого поширення набувають установки на діоксиді вуглецю та інших екологічно безпечних холодильних агентах. Це пов'язано з міжнародними вимогами щодо зменшення використання речовин, які впливають на озоновий шар та глобальне потепління. Використання сучасних екологічних холодоагентів дозволяє підвищити безпечність та екологічність виробництва.

Однією з важливих проблем холодильного ланцюга є втрати холоду під час внутрішнього транспортування продукції. Для переміщення напівфабрикатів між камерами та виробничими зонами використовують спеціальні візки, конвеєри та транспортні системи. Час перебування продукції поза холодильним середовищем повинен бути мінімальним.

Після фасування та пакування готова продукція направляється на склад готової продукції. Пакування повинно захищати продукт від висихання, окислення та механічних пошкоджень. Для заморожених напівфабрикатів широко використовують полімерні пакети, вакуумне пакування та багатошарові матеріали з бар'єрними властивостями.

Важливим етапом холодильного ланцюга є транспортування готової продукції до торговельних мереж. Для цього використовують рефрижераторний транспорт із автономними холодильними агрегатами. Температура під час перевезення повинна підтримуватися на рівні не вище – 18 °С. Сучасні транспортні системи оснащуються реєстраторами температури, що дозволяє контролювати умови перевезення протягом усього маршруту.

У торговельних мережах заморожені напівфабрикати зберігаються у морозильних вітринах та камерах. Порушення температурного режиму на цьому етапі також негативно впливає на якість продукції. Тому важливим є дотримання принципу безперервності холодильного ланцюга аж до моменту реалізації товару кінцевому споживачу.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективність холодильного ланцюга значною мірою залежить від автоматизації виробництва. Сучасні системи керування дозволяють автоматично регулювати температуру, тиск, роботу компресорів та вентиляторів. Використання частотних перетворювачів дає можливість зменшити споживання електроенергії та підвищити енергоефективність установки.

Важливим аспектом є також енергозбереження. Холодильні установки споживають значну кількість електроенергії, тому підприємства впроваджують системи рекуперації тепла, енергоефективні компресори та сучасні теплообмінники. Тепло, яке виділяється під час роботи компресорів, може використовуватися для нагрівання води або опалення допоміжних приміщень.

При проектуванні холодильного ланцюга необхідно враховувати теплові навантаження. До основних джерел теплопритоків належать теплопередача через огорожувальні конструкції, теплота від продукту, робота обладнання, освітлення та інфільтрація теплого повітря через двері. Правильний розрахунок теплових навантажень дозволяє обрати оптимальну холодопродуктивність установки.

Для камер заморожування характерні значні теплові навантаження через інтенсивне відведення теплоти від продукту. У морозильних складах основними є теплопритоки через огорожувальні конструкції та під час відкривання дверей. У зв'язку з цим особлива увага приділяється теплоізоляції та організації логістики всередині підприємства.

Санітарно-гігієнічні вимоги також мають важливе значення для холодильного ланцюга. Усі поверхні обладнання повинні легко очищатися та дезінфікуватися. Повітря у виробничих приміщеннях повинно відповідати санітарним нормам, а системи вентиляції мають забезпечувати необхідний повітрообмін.

На підприємствах із виробництва заморожених напівфабрикатів часто застосовують принцип НАССР — систему аналізу небезпечних факторів та

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю критичних точок. Однією з головних критичних точок є температурний режим. Порушення температури може призвести до розвитку патогенних мікроорганізмів та псування продукції.

Для забезпечення стабільної роботи холодильного ланцюга необхідне регулярне технічне обслуговування обладнання. Проводиться перевірка компресорів, теплообмінників, систем автоматики та герметичності трубопроводів. Несвоєчасне обслуговування може призвести до аварій, втрати холодопродуктивності та значних економічних збитків.

Важливу роль у роботі холодильного ланцюга відіграє кваліфікація персоналу. Працівники повинні знати правила експлуатації холодильного обладнання, вимоги безпеки та особливості роботи з низькими температурами. Особлива увага приділяється навчанню операторів аміачних холодильних установок.

У сучасних умовах підприємства прагнуть максимально автоматизувати холодильний ланцюг. Використовуються роботизовані склади, автоматичні системи завантаження та вивантаження продукції, цифрові системи моніторингу. Це дозволяє підвищити точність контролю температурних режимів та зменшити вплив людського фактора.

Перспективним напрямком розвитку холодильних технологій є використання природних холодильних агентів та енергоощадних технологій. Також активно впроваджуються системи дистанційного моніторингу, які дозволяють контролювати роботу обладнання через мережу Інтернет у режимі реального часу.

Особливого значення набуває питання екологічності холодильного ланцюга. Виробництво заморожених напівфабрикатів пов'язане зі значними витратами енергії, тому підприємства впроваджують відновлювані джерела енергії, сонячні електростанції та системи утилізації тепла.

Якість заморожених напівфабрикатів значною мірою залежить від швидкості проходження продукції через усі етапи холодильного ланцюга. Чим швидше продукт проходить шлях від виробництва до заморожування,

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тим кращими будуть його споживчі властивості. Саме тому сучасні підприємства прагнуть скоротити тривалість технологічних процесів та мінімізувати простої.

Для м'ясних напівфабрикатів особливе значення має підтримання стабільної температури фаршу під час формування виробів. Якщо температура підвищується, змінюється структура білків, погіршується зв'язування вологи та знижується якість готового продукту. У зв'язку з цим на підприємствах часто використовують охолоджені приміщення та обладнання з водяним або фреоновим охолодженням.

У виробництві тістових заморожених напівфабрикатів важливим є контроль процесу заморожування тіста. Надто повільне заморожування може призвести до руйнування дріжджових клітин та погіршення структури тіста після випікання. Тому для таких продуктів використовують інтенсивне шокове заморожування.

Система холодильного ланцюга повинна враховувати специфіку конкретного виду продукції. Для рибних, м'ясних, овочевих або комбінованих напівфабрикатів можуть застосовуватися різні температурні режими та способи заморожування. Вибір технології залежить від властивостей продукту, його розмірів, упаковки та необхідного терміну зберігання.

Одним із сучасних методів є кріогенне заморожування із застосуванням рідкого азоту або діоксиду вуглецю. Такий спосіб забезпечує надзвичайно високу швидкість заморожування та дозволяє максимально зберегти структуру продукту. Проте через високу вартість кріогенні технології використовуються переважно для продукції високої цінової категорії.

При проектуванні холодильного ланцюга важливо враховувати економічну ефективність. Необхідно забезпечити баланс між витратами на обладнання, енергоспоживанням та якістю продукції. Надмірне зниження

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури призводить до збільшення енергетичних витрат, тому оптимізація режимів роботи холодильних установок є важливим завданням.

Таким чином, холодильний ланцюг у виробництві заморожених напівфабрикатів є складною багатоступеневою системою, яка охоплює всі етапи руху продукту — від приймання сировини до реалізації готової продукції споживачу. Від правильності організації холодильного ланцюга залежить якість, безпечність, економічна ефективність та конкурентоспроможність підприємства. Сучасні тенденції розвитку холодильних технологій спрямовані на підвищення енергоефективності, автоматизацію процесів, використання екологічно безпечних холодильних агентів та забезпечення безперервного контролю температурних режимів. Саме комплексний підхід до організації холодильного ланцюга дозволяє забезпечити виробництво високоякісних заморожених напівфабрикатів, які відповідають сучасним вимогам ринку та очікуванням споживачів.

Крім того, на підприємствах активно застосовуються системи автоматизації. Автоматичний контроль температури, вологості, тиску та інших параметрів дозволяє забезпечити стабільність технологічних процесів та оперативно реагувати на можливі відхилення. Система диспетчеризації дає змогу контролювати роботу обладнання в режимі реального часу.

Не менш важливим є питання санітарії та гігієни виробництва. Приміщення підприємства повинні регулярно митися та дезінфікуватися. Працівники зобов'язані дотримуватися правил особистої гігієни та використовувати спеціальний одяг. Особлива увага приділяється запобіганню перехресному забрудненню між сировою та готовою продукцією.

Для забезпечення безпечності харчових продуктів на підприємствах впроваджується система НАССР. Вона передбачає аналіз небезпечних факторів та контроль критичних точок технологічного процесу. Такий підхід дозволяє своєчасно виявляти потенційні ризики та запобігати виникненню небезпечних ситуацій.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із перспективних напрямків розвитку є використання шокового заморожування. Ця технологія забезпечує дуже швидке проходження зони кристалоутворення та дозволяє максимально зберегти структуру продукту. Шокове заморожування особливо ефективно для м'ясних і рибних напівфабрикатів високої якості.

Також активно розвивається напрямок готових заморожених страв. Споживачі все частіше обирають продукцію, яка потребує лише розігрівання. До такої категорії належать заморожені піци, запіканки, гарніри, супи та комплексні обіди. Це стимулює виробників до вдосконалення рецептур та технологій виробництва.

У сучасних умовах велике значення має логістика замороженої продукції. Перевезення здійснюється спеціалізованим транспортом з холодильними установками. Під час транспортування необхідно підтримувати стабільну температуру та уникати її коливань. Для контролю використовують електронні реєстратори температури.

Виробництво заморожених напівфабрикатів також має важливе економічне значення. Воно дозволяє ефективно використовувати сировину, зменшувати втрати продукції та забезпечувати населення продуктами харчування протягом року. Крім того, розвиток цієї галузі сприяє створенню нових робочих місць та модернізації харчової промисловості.

Особливо актуальним є розвиток виробництва напівфабрикатів в умовах зростання попиту на швидке та зручне харчування. Сучасний ринок вимагає від виробників високої якості, стабільності характеристик та конкурентної ціни. Саме тому підприємства активно впроваджують новітні технології, автоматизовані системи управління та сучасне холодильне обладнання.

Значну увагу виробники приділяють також удосконаленню рецептур. Сьогодні споживачі все частіше звертають увагу на натуральність продукції, відсутність штучних добавок та збалансований склад. Популярності

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

набувають напівфабрикати з підвищеним вмістом білка, овочеві та дієтичні вироби.

Окремим напрямком є виробництво напівфабрикатів із використанням рослинної сировини. Такі продукти орієнтовані на споживачів, які дотримуються вегетаріанського або здорового харчування.

У перспективі галузь виробництва заморожених напівфабрикатів продовжить активно розвиватися. Очікується подальше вдосконалення технологій заморожування, автоматизації та енергозбереження. Важливими напрямками залишатимуться підвищення якості продукції, екологічність виробництва та зниження енерговитрат.

Таким чином, виробництво заморожених напівфабрикатів є складним багатостадійним процесом, який поєднує сучасні харчові технології, холодильну техніку та системи автоматизації. Від правильного вибору технологічних режимів та обладнання залежить якість, безпека і конкурентоспроможність готової продукції. Саме тому підприємства галузі постійно вдосконалюють виробничі процеси та впроваджують інноваційні рішення, спрямовані на підвищення ефективності та задоволення потреб споживачів.

Метою проєкту є проведення порівняльного аналізу різних типів швидкоморозильних апаратів, що застосовуються для заморожування напівфабрикатів, з урахуванням мінімізації енергетичних і фінансових витрат при забезпеченні високої якості готової продукції.

Об'єктом дослідження виступають швидкоморозильні апарати, призначені для технологічного процесу заморожування напівфабрикатів.

Основним методом дослідження є зіставлення технічних та експлуатаційних характеристик різних типів швидкоморозильного обладнання, яке може використовуватися для заморожування напівфабрикатів. Використання обраного апарата дає можливість підвищити якість продукції та покращити енергоефективність роботи холодильної установки.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Теоретична частина

Заморожуванням називають процес відведення теплоти від харчових продуктів із пониженням їх температури нижче кріоскопічної точки, за якої відбувається перехід більшої частини води, що міститься в продукті, у твердий стан. На відміну від звичайного охолодження, заморожування забезпечує значно вищу стійкість продуктів під час зберігання, оскільки вода перетворюється на лід, що уповільнює розвиток мікроорганізмів та біохімічних процесів.

Процес заморожування використовується не лише для тривалого зберігання продукції, а й для вирішення ряду технологічних задач. Зокрема, його застосовують для видалення частини вологи під час концентрування рідких продуктів, зміни фізико-механічних характеристик сировини перед подальшою переробкою, проведення сублімаційного сушіння, а також виробництва продуктів зі специфічними споживчими властивостями, таких як морозиво, пельмені чи інші швидкозаморожені вироби.

Необхідний ефект заморожування досягається тоді, коли температура у центральній частині продукту опускається приблизно до $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче. Оскільки вода в харчових продуктах містить розчинені солі та інші речовини, її замерзання відбувається не при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за нижчих температур, які називають кріоскопічними. Для кожного виду продукту така температура є індивідуальною та залежить від його складу і вмісту вологи.

Заморожування є одним із найбільш ефективних способів низькотемпературного консервування харчової продукції. Вибір технології, умов та обладнання для проведення цього процесу визначається властивостями продукту, його розмірами, формою та хімічним складом. У промисловості використовують два основні методи заморожування — однофазний і двофазний.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До обладнання для заморожування належать морозильні камери, тунелі та спеціалізовані апарати циклічної або безперервної дії. У морозильних тунелях та камерах зазвичай заморожують м'ясо у тушах, напівтушах і четвертинах, а також великокускові або дрібноштучні м'ясопродукти. Сировину розміщують на стелажах, підвісних етажерках, візках чи у штабелях. Морозильні апарати, у свою чергу, використовують для заморожування продукції у вигляді блоків, окремих порцій або насипом.

За принципом роботи морозильні апарати поділяють на декілька основних груп: апарати з інтенсивною циркуляцією повітря, багатоплиточні установки та контактні системи, у яких продукт взаємодіє безпосередньо з холодоносієм або холодильним агентом.

Апарати з інтенсивним рухом повітря відрізняються способом укладання продукції та конструкцією транспортної системи. Продукти можуть переміщуватися за допомогою стрічкових, ланцюгових або сітчастих конвеєрів, а також на візках чи спеціальних підвісах. Окрему категорію становлять флюїдизаційні установки, призначені для швидкого заморожування дрібноштучної продукції у завислому шарі.

Під час заморожування у потоці холодного повітря з поверхні продукту інтенсивно випаровується волога. Утворена водяна пара осідає на поверхні повітроохолоджувачів та батарей у вигляді інею, що знижує ефективність теплообміну між повітрям і охолоджувальним середовищем.

Багатоплиточні морозильні апарати можуть бути горизонтальними, вертикальними, мембранними або роторними. Їх конструкція передбачає затискання продукту між металевими плитами, всередині яких циркулює холодильний агент або розсіл. Завдяки щільному контакту забезпечується висока інтенсивність теплопередачі. Проте ефективність такого способу зменшується зі збільшенням товщини продукту, тому зазвичай її обмежують певними значеннями.

Під час роботи багатоплиточних установок гідравлічна система підтримує постійний тиск між плитами, що дозволяє уникнути деформацій та

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«випинання» продукту, характерного для повітряного заморожування. До основних переваг такого обладнання належать компактність, висока продуктивність, інтенсивний теплообмін та скорочення тривалості процесу заморожування.

Швидкоморозильні апарати мають різноманітні конструкції та принципи роботи. Найпоширенішими є повітряні установки, де заморожування здійснюється інтенсивним потоком холодного повітря; багатоплиточні системи; іммерсійні апарати, у яких продукт, запакований у полімерну плівку, занурюється в охолоджувальну рідину; а також установки, що використовують рідкий азот або фреон.

Повітряні швидкоморозильні апарати є універсальними, оскільки дозволяють заморожувати широкий асортимент продукції: м'ясо, рибу, птицю, напівфабрикати, пельмені, овочі, ягоди, молочні продукти та готові кулінарні вироби. У промисловості широко застосовують тунельні, конвеєрні та флюїдизаційні установки.

Метод заморожування у повітряному середовищі особливо ефективний для м'яса у тушах, готових кулінарних виробів та дрібноштучної продукції. Процес проводять у камерах або тунелях із природною чи примусовою циркуляцією повітря. Швидкість руху повітря в таких системах може становити від 0,3 до 5 м/с. Використання примусової циркуляції значно підвищує коефіцієнт тепловіддачі та скорочує тривалість заморожування.

Окремим напрямом є заморожування у рідких киплячих середовищах. Для цього використовують рідкий азот, діоксид вуглецю або фреони. Основною вимогою до холодоагенту є його хімічна нейтральність щодо продукту. Такий спосіб дозволяє дуже швидко заморожувати продукцію, зменшуючи втрати маси та покращуючи якість після розморожування. Однак використання рідкого азоту пов'язане з високими експлуатаційними витратами.

Технологія заморожування за допомогою рідкого азоту передбачає подачу продукту на конвеєрі через зону охолодження газоподібним азотом,

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після чого виконується обприскування рідким азотом. Продукти з початковою температурою близько 20 °С можуть бути охолоджені до –18 °С всього за кілька хвилин. При цьому втрати м'ясного соку під час розморожування мінімальні, що позитивно впливає на якість готової продукції.

Таким чином, вибір типу швидкоморозильного обладнання безпосередньо залежить від особливостей продукції, яку необхідно заморозувати. У даному проєкті як основний напівфабрикат розглядається тісто з м'ясною начинкою.

Сучасне виробництво борошняних напівфабрикатів тісно пов'язане з технологіями швидкого заморожування. Спочатку такі технології були розроблені в Європі для виробництва дрібноштучної здоби та напівфабрикатів для мереж супермаркетів, мініпекарень і пунктів допiкання.

На практиці використовують різні варіанти технології відкладеного випікання: уповільнене вистоювання у охолоджену середовищі, контрольоване вистоювання, двоступеневе випікання та швидке шокове заморожування з можливістю тривалого зберігання напівфабрикатів.

Перші дослідження щодо консервування тіста методом охолодження проводилися ще у 1930-х роках у Європі. Однак широке застосування технології стало можливим лише після появи сучасного холодильного обладнання та дріжджів, стійких до низьких температур.

Завдяки розвитку мікробіології та створенню нових видів хлібопекарських дріжджів технологія виробництва заморожених напівфабрикатів активно розвивається і сьогодні. Особливе значення вона набула у виробництві листкового тіста, здобної та кондитерської продукції.

У швидкоморозильних камерах тісто зазвичай обробляють при температурах від –35 до –40 °С. Процес триває приблизно 20 хвилин до досягнення температури близько 0 °С у центрі виробу. При цьому швидкість руху повітря повинна бути не меншою за 4 м/с, що забезпечує інтенсивність заморожування приблизно 1 °С за хвилину.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тривалість зберігання заморожених напівфабрикатів може становити від декількох діб до кількох місяців. Вона залежить від якості сировини, характеристик дріжджів, рецептури та дотримання технологічних режимів під час замішування, формування і заморожування.

Зберігають заморожене тісто переважно при температурах від -12 до -20 °С. При цьому надзвичайно важливо забезпечити безперервність холодильного ланцюга, оскільки навіть короткочасне підвищення температури може негативно вплинути на структуру та якість продукції. Заморожені вироби є доволі крихкими, тому під час транспортування та зберігання необхідно враховувати ризик механічних пошкоджень.

Після доставки до місця реалізації або випікання заготовки повинні зберігатися у морозильних камерах із температурою не вище -10 °С. Повторне заморожування продукції після розморожування не допускається. Якщо під час транспортування сталося часткове розморожування, такі вироби можна короткочасно зберігати у холодильнику при температурі близько 0 °С.

Отже, технологія виробництва заморожених напівфабрикатів повинна забезпечувати не лише ефективне заморожування, а й збереження привабливого зовнішнього вигляду кожної одиниці продукції. Враховуючи можливі зміни геометричних розмірів виробів у процесі виготовлення та реалізації, для дослідження процесу заморожування листового тіста доцільно використовувати різні типи повітряних швидкоморозильних апаратів.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Порівняльний аналіз швидкоморозильних апаратів

Сучасний ринок заморожених напівфабрикатів демонструє стабільне зростання, що пов'язано зі зміною способу життя населення, збільшенням попиту на продукцію швидкого приготування та розвитком технологій глибокого заморожування. Одним із найбільш популярних видів такої продукції є заморожена піца, яка характеризується складною багатокомпонентною структурою та високими вимогами до збереження органолептичних показників після розморожування й термічної обробки. Для забезпечення високої якості готового продукту особливе значення має правильний вибір швидкоморозильного апарата.

Процес заморожування піци є складним технологічним етапом, під час якого необхідно максимально швидко перевести вологу, що міститься у тісті, соусі, сирі та начинці, у твердий стан. Від швидкості проходження критичної зони кристалоутворення залежить розмір кристалів льоду, структура продукту, ступінь пошкодження клітин та втрати вологи після дефростації. При повільному заморожуванні формуються великі кристали льоду, які руйнують структуру тіста та інгредієнтів, що негативно впливає на смак, текстуру і зовнішній вигляд готової продукції. Саме тому у виробництві замороженої піци застосовуються спеціалізовані швидкоморозильні апарати, здатні забезпечити інтенсивний теплообмін і рівномірне охолодження виробів.

У харчовій промисловості найбільш поширеними типами швидкоморозильного обладнання є тунельні апарати, спіральні швидкоморозильні установки, флюїдизаційні апарати, плиткові морозильні установки та камери шокового заморожування. Кожен із цих типів має власні конструктивні особливості, переваги, недоліки та сферу застосування.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тунельні швидкоморозильні апарати є одним із найпоширеніших рішень для заморожування напівфабрикатів. Вони працюють за принципом безперервного переміщення продукту через теплоізований тунель за допомогою конвеєрної стрічки. Усередині тунелю встановлюються повітроохолоджувачі та вентилятори, які створюють інтенсивний потік холодного повітря температурою від -30 до -40 °С. Продукція поступово проходить через декілька зон заморожування, внаслідок чого температура в центрі продукту знижується до необхідного значення.

Тунельні апарати характеризуються універсальністю та можливістю роботи з різними видами продукції, зокрема з піцою, хлібобулочними виробами та готовими стравами. Однією з головних переваг такого обладнання є безперервність процесу та можливість інтеграції в автоматизовані виробничі лінії. Крім того, тунельні морозильні апарати забезпечують досить рівномірне заморожування та можуть працювати з продукцією різної форми й маси.

Разом із тим тунельні установки мають і певні недоліки. Насамперед це значна довжина обладнання та потреба у великих виробничих площах. Для підприємств середньої продуктивності це може стати серйозним обмеженням. Крім того, при неправильному налаштуванні повітряного потоку можливе часткове підсихання поверхні піци, що погіршує її товарний вигляд. У випадку виробництва піци важливо забезпечити оптимальну швидкість руху повітря, щоб уникнути деформації начинки та нерівномірного заморожування.

Для виробництва замороженої піци тунельні апарати особливо ефективні при великих обсягах виробництва. Вони дозволяють заморожувати як упаковану, так і неупаковану продукцію, а також забезпечують стабільність технологічного процесу. Завдяки простоті конструкції такі установки характеризуються високою надійністю та порівняно невисокими витратами на обслуговування.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Іншим поширеним типом обладнання є спіральні швидкоморозильні апарати. У таких установках продукт переміщується по багатоярусному спіральному конвеєру всередині теплоізолюваної камери. Інтенсивний потік холодного повітря циркулює навколо продукції, забезпечуючи швидке охолодження та заморожування. Спіральні морозильні установки широко використовуються для хлібобулочних виробів, напівфабрикатів, піци та готових страв.

Основною перевагою спіральних апаратів є компактність. Завдяки вертикальному розташуванню конвеєра вони займають значно менше площі порівняно з тунельними морозильниками аналогічної продуктивності. Це особливо важливо для сучасних виробництв, де кожен квадратний метр площі має високу вартість. Крім того, спіральні установки забезпечують тривалий час перебування продукту в зоні заморожування без необхідності збільшення довжини обладнання.

Ще однією важливою перевагою є дбайливе транспортування продукції. Піца під час руху по спіральному конвеєру практично не деформується, що дозволяє зберегти правильну форму виробу та рівномірний розподіл начинки. Це має особливе значення для преміальних видів продукції, де зовнішній вигляд є одним із ключових факторів конкурентоспроможності.

Однак спіральні швидкоморозильні апарати мають складнішу конструкцію та вищу вартість у порівнянні з тунельними системами. Обслуговування спірального конвеєра потребує кваліфікованого персоналу, а очищення обладнання є більш трудомістким процесом. Також існує ризик нерівномірного розподілу повітряних потоків між ярусами, що може призвести до різниці температур у продукції.

Для замороженої піци спіральні апарати вважаються одним із найбільш оптимальних рішень, оскільки вони поєднують високу продуктивність, компактність та якісне заморожування. Саме тому подібне обладнання

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

широко застосовується на сучасних підприємствах з виробництва готових страв та хлібобулочних напівфабрикатів.

Флюїдизаційні швидкокоморозильні апарати використовують принцип псевдозрідженого шару, при якому продукт утримується у завислому стані потужним потоком холодного повітря. Такі установки забезпечують дуже високу швидкість теплообміну та мінімальні втрати вологи. Флюїдизаційні апарати особливо ефективні для дрібнокускових продуктів однакового розміру: ягід, овочів, морепродуктів, пельменів та гранульованих виробів.

Головною перевагою флюїдизаційних установок є надзвичайно висока інтенсивність заморожування. Завдяки рівномірному обдуву з усіх боків забезпечується швидке проходження критичної температурної зони та формування дрібних кристалів льоду. Це дозволяє максимально зберегти структуру продукту та мінімізувати усушку.

Проте для заморожування піци флюїдизаційні апарати використовуються обмежено. Причиною є значна маса та великі габарити виробу. Потужний повітряний потік може порушувати розташування начинки, а сама конструкція установки не забезпечує достатньої стабільності для транспортування великих виробів. Тому застосування флюїдизаційних апаратів доцільніше для окремих компонентів піци, наприклад овочів, грибів чи морепродуктів, які заморожуються перед подальшим використанням у рецептурі.

Плиткові швидкокоморозильні апарати працюють за принципом безпосереднього контакту продукту з охолоджувальними плитами, всередині яких циркулює холодоагент. Така конструкція забезпечує дуже інтенсивний теплообмін та високу швидкість заморожування. Плиткові установки широко застосовуються для заморожування риби, м'яса та блокових продуктів.

Основною перевагою плиткових апаратів є мінімальна тривалість процесу заморожування. Безпосередній контакт із холодною поверхнею дозволяє швидко відводити теплоту та знижувати енергетичні витрати. Крім

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

того, обладнання характеризується високою енергоефективністю та компактністю.

Разом із тим для заморожування піци плиткові установки практично не використовуються. Це пояснюється тим, що піца має складну геометричну форму та нерівномірну товщину. Контактне заморожування може призвести до деформації тіста та пошкодження начинки. Крім того, плиткові апарати переважно орієнтовані на блокове заморожування продукції у формах, що не відповідає особливостям виробництва піци.

Камери шокового заморожування є ще одним типом обладнання, який використовується у харчовій промисловості. Вони являють собою теплоізолювані приміщення з потужною системою циркуляції холодного повітря. Продукція розміщується на візках або стелажах, після чого відбувається інтенсивне охолодження. Такі камери широко використовуються у закладах громадського харчування та на невеликих підприємствах.

Перевагою камер шокового заморожування є універсальність та відносно невисока вартість. Вони дозволяють працювати з різними видами продукції без необхідності складної інтеграції в технологічну лінію. Крім того, камери є простими в експлуатації та не потребують складного технічного обслуговування.

Недоліком такого обладнання є періодичний характер роботи та порівняно невисока продуктивність. Для масового виробництва замороженої піци камери шокового заморожування є менш ефективними, оскільки не забезпечують безперервності процесу. Також у таких камерах важче досягти однакових умов заморожування для всієї партії продукції.

При виборі швидкозаморозильного апарата для виробництва замороженої піци необхідно враховувати низку факторів: продуктивність підприємства, тип продукції, вимоги до якості, енергоспоживання, доступні виробничі площі та рівень автоматизації. Для великих підприємств найбільш доцільними є спіральні та тунельні швидкозаморозильні установки, які

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечують безперервний технологічний процес та високу продуктивність. Для середніх і малих виробництв можуть застосовуватися камери шокового заморожування.

З точки зору енергоефективності найбільш економічними є плиткові апарати, оскільки вони працюють за принципом контактного теплообміну. Однак їхня сфера застосування обмежена. Спиральні установки характеризуються дещо вищими енерговитратами, але компенсують це компактністю та високою якістю заморожування. Тунельні апарати мають середні показники енергоефективності, але потребують значних виробничих площ.

Особливу увагу при виборі обладнання слід приділяти системі циркуляції повітря. Для піци важливо забезпечити рівномірний розподіл температури по всій поверхні виробу. Нерівномірне заморожування може призвести до утворення зон із різною структурою тіста та різним ступенем заморожування начинки. Сучасні швидкоморозильні установки оснащуються автоматичними системами контролю температури та швидкості руху повітря, що дозволяє оптимізувати технологічний процес.

Важливим фактором є також тип холодоагенту. У сучасних холодильних системах для швидкоморозильних апаратів широко використовуються аміак, CO₂ та фреонові холодоагенти. Аміачні системи характеризуються високою енергоефективністю та низькою вартістю експлуатації, однак потребують підвищених заходів безпеки. CO₂-системи вважаються екологічно безпечними та перспективними, але мають вищу вартість обладнання. Фреонові установки є простішими в експлуатації, однак деякі холодоагенти поступово виводяться з використання через екологічні обмеження.

Для виробництва замороженої піци також важливе значення має автоматизація процесу. Сучасні швидкоморозильні апарати інтегруються в автоматизовані лінії, що дозволяє мінімізувати ручну працю, підвищити санітарний рівень виробництва та забезпечити стабільність параметрів

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заморожування. Автоматичний контроль температури, вологості та швидкості конвеєра сприяє підвищенню якості готової продукції.

Таким чином, аналіз сучасних швидкоморозильних апаратів показує, що для виробництва замороженої піци найбільш ефективними є спіральні та тунельні швидкоморозильні установки. Спіральні апарати забезпечують компактність, високу якість заморожування та дбайливе транспортування продукції, що робить їх оптимальним вибором для сучасних автоматизованих підприємств. Тунельні установки є більш простими та універсальними, тому широко використовуються на великих виробництвах із високою продуктивністю. Флюїдизаційні апарати доцільно застосовувати для заморожування окремих компонентів піци, тоді як плиткові морозильники та камери шокового заморожування мають обмежене застосування для даного виду продукції.

Раціональний вибір швидкоморозильного обладнання дозволяє забезпечити високу якість замороженої піци, мінімізувати втрати маси, підвищити енергоефективність виробництва та забезпечити стабільність технологічного процесу. Саме тому правильне технічне обґрунтування вибору швидкоморозильного апарата є одним із ключових етапів проектування сучасних підприємств із виробництва заморожених напівфабрикатів.

Для порівняльного аналізу вибираємо три типу швидкоморозильних апаратів, в яких заморожування штучного продукту здійснюється в потоці холодного повітря: візковий, стелажний та конвеєрний спіральний.

Швидкоморозильна камера з візками циклічного типу.

Апарат призначений для швидкого заморожування в потоці холодного повітря виробів, покладених на піддони. Можливо заморожування різних дрібно штучних продуктів.

Камера такого типу призначена для шокової заморозки продуктів наступних типів: пельменів, вареників, пирогів, млинців; котлет, гамбургерів,

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чебуреків, сосисок; м'ясних і рибних напівфабрикатів; тесту і булочок; ягід і грибів; загартування морозива.



Рис. 3.1. Швидкоморозильна камера шоквої заморозки

Робота апарата базується на процесі заморожування продукції в інтенсивному потоці охолодженого повітря. Продукт попередньо розміщується на піддонах, які встановлюються на спеціальні візки. Після цього візки подаються до теплоізольованої морозильної камери, де відбувається циклічний процес заморожування.

Повітря, охолоджене у випарнику, за допомогою вентиляторів подається до продукту зі швидкістю приблизно 3–4 м/с. Рух повітря організовується за схемою протитечії або перехресного обдування, що сприяє інтенсивному теплообміну та швидкому відведенню теплоти від продукту. Використання постаментного повітроохолоджувача забезпечує рівномірний розподіл повітряних потоків по всіх рівнях візків і всьому внутрішньому об'єму камери.

Особливості конструкції випарника дозволяють установці працювати без проведення відтавання протягом тривалого часу — від 6 до 24 годин залежно від виду продукції. При цьому в камері підтримується стабільний

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурний режим, необхідний для ефективного заморожування. Після досягнення продуктом заданої технологічної температури візки вивантажують із камери, після чого виконують відтавання випарника та підготовку обладнання до нового циклу роботи.

Швидкоморозильні камери циклічної дії з використанням візків застосовують для здійснення шокового заморожування різних харчових продуктів у максимально короткі терміни. Наприклад, пельмені можуть бути заморожені приблизно за 30 хвилин, котлети — за 50 хвилин, а рибне філе — орієнтовно за 70 хвилин. Таке обладнання є доцільним для підприємств із добовим обсягом виробництва продукції в межах від 2 до 5 тонн.

Швидкоморозильні апарати стелажного типу.

Швидкоморозильні апарати візкового типу з інтенсивною циркуляцією повітря, окрім своїх переваг, мають також певні недоліки. Найсуттєвішим із них є значна трудомісткість процесів завантаження продукції до апарата та її подальшого вивантаження після завершення заморожування.

Більш ефективними з точки зору механізації та зручності експлуатації вважаються конвеєрні швидкоморозильні установки. Серед такого обладнання особливе місце займають гравітаційні конвеєрні апарати типу ДКА-2 та ДКА-4, які характеризуються вищим рівнем автоматизації технологічного процесу та зменшенням витрат ручної праці.

Апарат являє собою теплоізольовану камеру, яка складається з окремих щитів. По висоті камера розділена на дві частини (рис. 3.2.)



Рис. 3.2 – Швидкоморозильний апарат стелажного типу

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У верхній частині апарата розташовані вентилятори та вантажний відсік, тоді як у нижній частині змонтовані охолоджувальні батареї. Для доступу до внутрішніх елементів конструкції та обслуговування обладнання передбачені спеціальні двері й оглядові люки. Уздовж обох поздовжніх стін вантажного відсіку змонтовані напрямні полиці, розташовані у 14 ярусів із кроком 100 мм. Саме по цих полицях під час роботи установки переміщуються каретки з алюмінієвими листами, на яких розміщується продукція. Зверху листи накриваються легкими алюмінієвими кришками.

Усередині апарата встановлюються каретки, кожна з яких призначена для розміщення двох дек розміром 800×500×60 мм. Каретка виконана у вигляді зварної металевої рами з роликами, що забезпечують її переміщення по напрямних.

Продукція із заготівельного цеху надходить до морозильного апарата транспортером і подається на спеціальний шарнірний стіл, який використовується для операцій завантаження та вивантаження. Стіл здійснює безперервний рух у вертикальному напрямку за допомогою двох гвинтів із правою та лівою різьбою, що забезпечує автоматичну зміну напрямку руху без вимкнення привідного електродвигуна.

Під час руху вгору стіл встановлює два дека з продукцією у порожню каретку та піднімає її до верхнього завантажувального вікна. Через відкриту заслінку каретка за допомогою спеціального механізму подається на верхню напрямну полицю. Після цього стіл автоматично опускається вниз, а заслінка закривається. Каретка починає переміщення всередині апарата по зигзагоподібній траєкторії зверху донизу.

Переміщення кареток між полицями здійснюється за допомогою рухомих гребінок із штовхачами. Після проходження однієї полиці каретка переходить на наступний рівень, оскільки сусідні полиці зміщені відносно одна одної по довжині камери. Протягом усього шляху продукція обдувається потужним потоком холодного повітря, завдяки чому забезпечується інтенсивне та рівномірне заморожування.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення циклу каретка через нижнє вікно виводиться з апарата на платформу рухомого столу. Під час опускання столу відкривається заслінка, а дека із замороженим продуктом переміщуються на похилий роликівий попітр, з якого надходять на приймальний пристрій або конвеєрну стрічку. Порожня каретка залишається на платформі столу, який повертається у вихідне положення для приймання нової партії продукції.

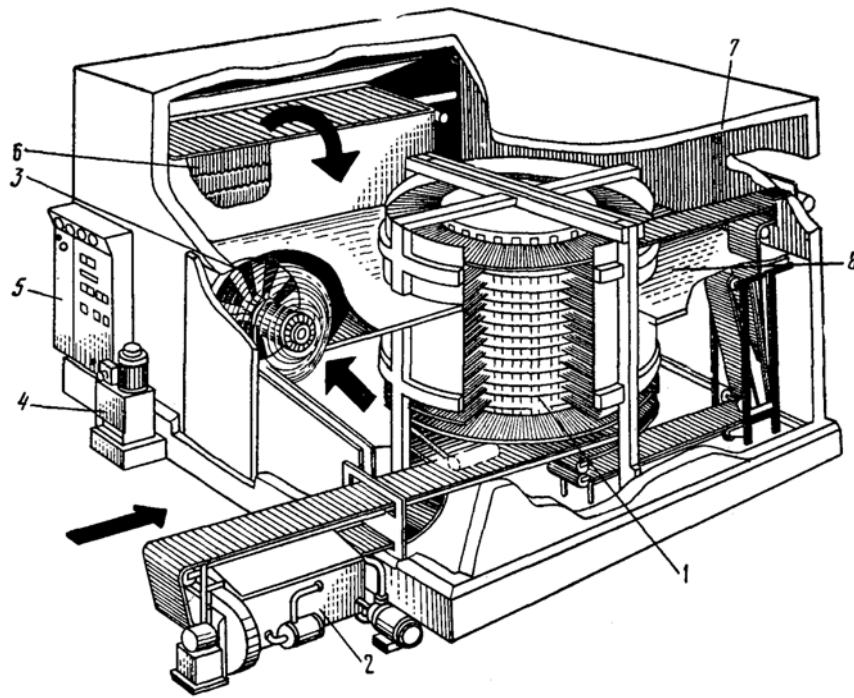
Спіральні швидкоморозильні апарати

Спіральні швидкоморозильні установки призначені для заморожування штучних харчових продуктів із тривалістю процесу від 10 хвилин до 8 годин. Таке обладнання широко застосовується для обробки м'ясних та рибних напівфабрикатів, шматочків курятини, готових страв у лотках, хлібобулочних виробів, тіста, а також морозива у стаканчиках.

Продукція безпосередньо з виробничої лінії подається на конвеєр апарата, який транспортує її до зони заморожування. Усередині теплоізолюваної камери стрічковий конвеєр рухається по спіралі навколо вертикального барабана, поступово піднімаючись знизу догори. Після проходження всієї зони заморожування стрічка виходить за межі камери, огинає систему роликів і повертається назад.

У зоні виходу конвеєра із камери продукт сходить зі стрічки та подається на подальше пакування. Порожня стрічка, перш ніж повернутися до зони завантаження, проходить через систему автоматизованого миття. Охолодження повітря у камері здійснюється повітроохолоджувачем, який розташований поблизу спірального барабана, що забезпечує ефективну циркуляцію холодного повітря та рівномірне заморожування продукції.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 - вантажний конвеєр; 2 - пристрій для мийки транспортної стрічки; 3 - вентилятор; 4 - привід; 5 - щит управління; 6 - охолоджуючі батареї; теплоізольована камера; 8 - перегородка.

Рис. 3.3. – Спіральний ШМА

Таблиця 3.1 - Характеристики сучасних спіральних морозильних апаратів

Технічні характеристики	АСМ-300	АСМ-400	АСМ-600	АСМ-700
Продуктивність при заморожуванні тіста от $T_n = +15^{\circ}\text{C}$ до $T_k = -18^{\circ}\text{C}$, кг/год	300	400	600	700
Холодопродуктивність апарату при заморожуванні тіста от $T_n = +15^{\circ}\text{C}$ до $T_k = -18^{\circ}\text{C}$, кВт	40	50	80	80
Час заморожування, хв мінімальне максимальне		20 60		
Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	5000 3200 3030	5400 4100 3050	5400 4100 3390	5400 4100 3390
Маса апарату, т	5,0	6,0	6,5	6,8
Рекомендований тип холодильного агрегату	АКК-40В	АКК-50В	АКК-80	АКК-80

Осьові вентилятори, встановлені в нижній частині апарата, подають повітря вгору через охолоджувальні батареї. Усередині теплоізольованої

Така конструктивна особливість дозволяє використовувати один морозильний апарат одночасно з кількома виробничими лініями для виготовлення різних видів швидкозаморожених продуктів.

Для отримання продукції високої якості та забезпечення її тривалого зберігання важливим є правильний вибір способу заморожування. Метод заморозки визначають залежно від типу продукту, його фізичних властивостей, складу, геометричної форми та технологічних вимог. На основі цих параметрів встановлюють необхідну швидкість і глибину заморожування, після чого підбирають найбільш ефективне морозильне обладнання.

У даному випадку процес здійснюється у повітряному середовищі з примусовою циркуляцією повітря, тобто із застосуванням технології шокового заморожування. Такий метод отримав свою назву через надзвичайно високу швидкість відведення теплоти від продукту. При інтенсивному заморожуванні утворюються дрібні кристали льоду, які практично не пошкоджують клітинні мембрани продукту. Саме це забезпечує збереження структури, маси, зовнішнього вигляду та смакових властивостей продукції після її розморожування.

З метою вибору найбільш доцільного морозильного обладнання доцільно провести порівняльний аналіз розглянутих типів швидкоморозильних апаратів та оцінити їхні технічні й експлуатаційні характеристики.

Приймаємо орієнтовні розміри напівфабрикату у виді прямокутного паралелепіпеда: 300×100×20 мм.

Розрахунок тривалості заморожування напівфабрикату буде проведено за формулою Планка для однорідного тіла з усередненими характеристиками:

$$\tau = \frac{q_{з} Q_{II}}{t_{кр} - t_c} \delta \left(R \frac{\delta}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha} \right) \quad (3.1)$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де ρ – щільність продукту, $\text{кг}/\text{м}^3$;

q_z – питома кількість теплоти, яка відводиться від 1 кг продукту при заморожуванні, $\text{Дж}/\text{кг}$;

δ – товщина паралелепіпеда, м;

$t_{\text{кр}}$ – криоскопічна температура продукту, $^{\circ}\text{C}$;

t_c – середня температура охолоджуючого повітря, $^{\circ}\text{C}$;

λ_z – коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

R, P – коефіцієнти форми, для прямокутного паралелепіпеда
приймаємо $R=0.125, P=0.5$.

Табл. 3.1 – Температурні режими

Температура	$^{\circ}\text{C}$
Температура охолоджуючого повітря	- 30
Температура навколишнього середовища	+ 20
Температура продукту	
до заморозки	+ 15
після заморозки	- 18
Криоскопічна температура тесту	- 2

Табл. 3.2 – Теплофізичні характеристики продукту

Теплофізичні характеристики	Тісто
Щільність, $\text{кг}/\text{м}^3$	1000
Коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	0,85
Кількість вимороженої вологи, %	0,5

Теплота, що відводиться від продукту при заморожуванні визначається:

$$q_z = c_0 \cdot (T_n - T_{\text{кр}}) + w \cdot \omega \cdot r + c_z \cdot (T_{\text{кр}} - T_k) \quad (3.2)$$

де c_0 – питома теплоємність не замороженого тіста, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

c_z – питома теплоємність замороженого тіста, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$;

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

T_n – початкова температура тесту до заморожування, °С;

T_{kr} – кріоскопічна температура тіста, °С;

T_k – кінцева температура тіста після заморожування, °С;

w – вологовміст тіста, кг/кг;

ω – частка вимороженої вологи;

r – прихована теплота заморожування, кДж/кг.

Відповідно до технології виробництва і довідковими даними [8] приймаємо: $c_0=2730$ Дж/(кг·К), $c_z=1764$ Дж/(кг·К), $T_n=15$ °С, $T_{kr}=-2$ °С, $T_k=-18$ °С, $w=0.45$, $\omega=0.5$, $r=320$ кДж/кг.

$$q_z = 2730 \cdot (15+2) + 0,45 \cdot 0,5 \cdot 320000 + 1764 \cdot (-2+18) = 146634 \text{ Дж}$$

ГРАФІК ЗАЛЕЖНОСТІ ЧАСУ ЗАМОРОЖУВАННЯ ВІД α

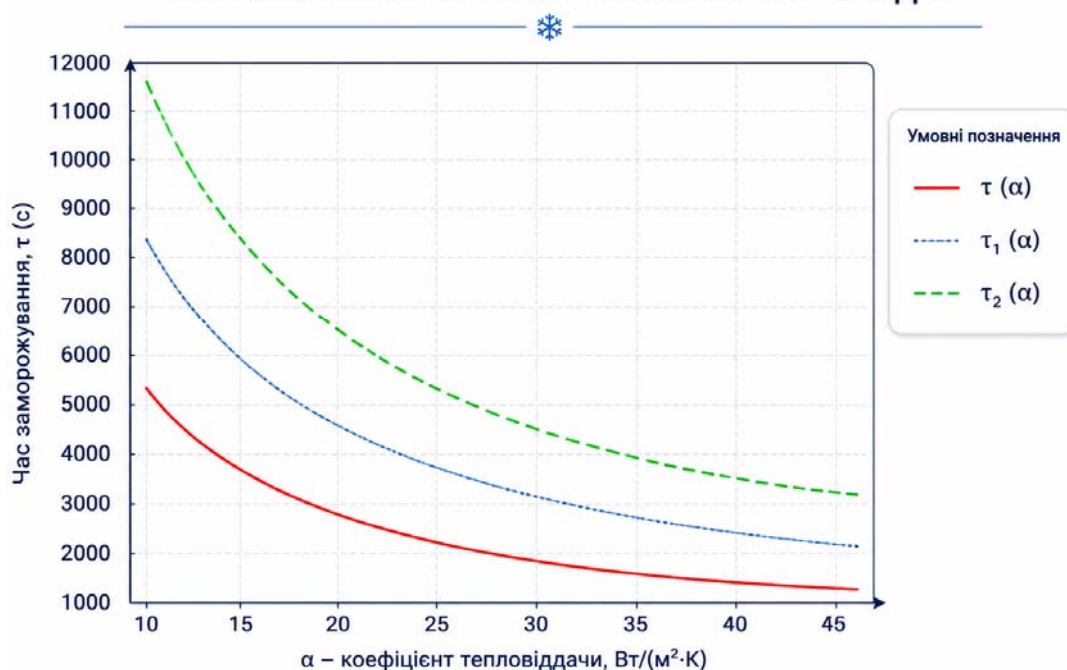


Рис. 3.5 – Графіки залежності часу заморожування продукту τ (сек) від коефіцієнту тепловіддачі α (Вт/м²·К):

$\tau(\alpha)$ – при товщині продукту 20 мм;

$\tau_1(\alpha)$ – при товщині продукту 30 мм;

$\tau_2(\alpha)$ – при товщині продукту 40 мм.

Відповідно до даних виробників апаратів, їх конструкцією і характеристиками приймаємо коефіцієнт тепловіддачі в апаратах візкового типу рівним $20 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (продукт не рухається відносно потоку повітря), в апаратах стелажного типу рівним $25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (продукт рухається циклічно в одній площині), в апаратах спірального типу рівним $35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (продукт рухається рівномірно в трьох площинах).

Відповідно до розрахунків, які представлено на рис. 3.5, час заморожування продукту товщиною 20 мм в апаратах візкового типу рівне 3000 сек, в апаратах стелажного типу рівне 2400 сек, а в апаратах спірального типу рівне 1800 сек. Для досягнення найбільш високої якості продукту час заморожування продукту повинен бути мінімальним.

Таблиця 3.3 – Порівняння характеристик апаратів

Тип апарату	АСМ-300	АПС-300	Камера
Продуктивність, кг/год	300	300	300
Початкова температура продукту, °С	+15	+15	+15
Кінцева температура продукту, °С	-18	-18	-18
Температура повітря в морозильному апараті, °С	-30	-30 ± 2	$-30 \div -35$
Тривалість заморожування, хв	30	40	50
Холодопродуктивність, кВт	40	40	42

Апарати стелажного типу характеризуються складнішою конструкцією та наявністю значної кількості механічних вузлів, які при роботі в умовах низьких температур можуть часто виходити з ладу. Водночас їх виготовлення здійснюється з матеріалів, що мають нижчу вартість у порівнянні зі спіральними морозильними апаратами.

Попри високу вартість спіральних конвеєрних морозильних установок, їх застосування є економічно обґрунтованим завдяки ряду важливих переваг. До основних з них належать універсальність використання для заморожування різних видів продукції, компактність конструкції та потреба у відносно невеликій виробничій площі. Крім того, такі апарати забезпечують

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високу інтенсивність заморожування завдяки раціональній організації потоків холодного повітря.

Спіральні конвеєри також не потребують використання додаткових механізмів для переміщення продукції між ярусами, що спрощує конструкцію та підвищує надійність роботи обладнання. З урахуванням наведених переваг для заморожування виробів із тіста доцільно обрати саме спіральний швидкоморозильний апарат.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розрахунок спірального швидкоморозильного апарату

Формування вихідних даних і розрахунок габаритів апарату

В якості вихідних даних було прийнято

Продуктивність цеху 8 тон напівфабрикатів на добу;

$w = 4 \text{ м / с}$ - швидкість руху повітря в морозильній камері;

$t = -30 \text{ }^\circ \text{C}$ - температура повітря в морозильній камері.

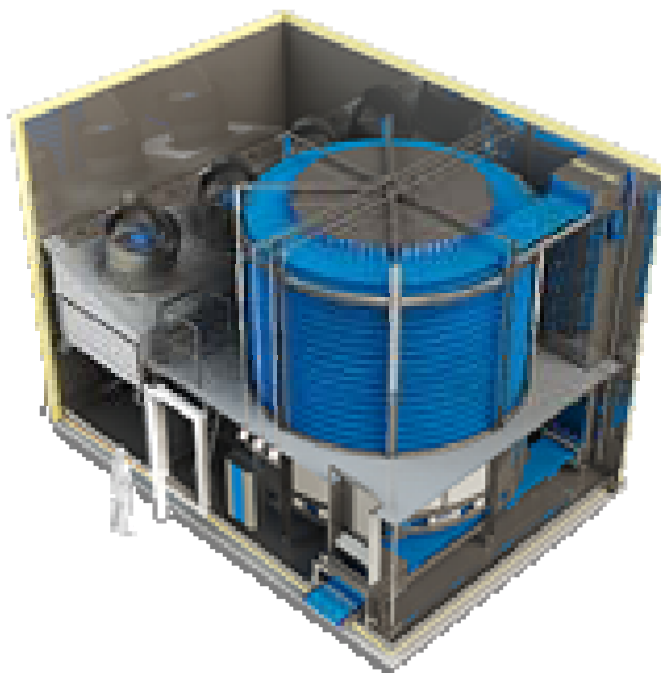


Рис. 4.1. – Внутрішній вигляд спірального морозильного апарату і рух повітря в ньому

Розрахунок габаритів спірального морозильного апарату

Цех з виробництва напівфабрикатів має орієнтовну продуктивність 8 тон продукту за зміну. При роботі в дві зміни на добу час роботи

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкоморозильного апарату становить 5 годин. Таким чином, продуктивність розраховується швидкоморозильного апарату складе:

$$G = 8000/10 = 800 \text{ кг / год.}$$

Приймаємо орієнтовні розміри напівфабрикату: $300 \times 100 \times 20$ мм. Маса одного напівфабрикату: $M_{\text{п}} = 0,3 \cdot 0,1 \cdot 0,02 \cdot 1000 = 0,6$ кг

Кількість напівфабрикатів, що виходять в хвилину з конвеєра апарату: $K = 800 / (0,6 \cdot 60) = 22,2 \sim 23$ шт/хв.

Середній час заморожування одного напівфабрикату при температурі повітря -30 °C і швидкості руху повітря 4 м/с становить $\tau = 30$ хв. За час руху на стрічку конвеєра надійде: $K_1 = K \cdot \tau = 23 \cdot 30 = 690$ штук.

У конвеєрі використовуємо стрічку шириною 0,4 м. Вироби з тіста маємо перепендикулярно руху стрічки на відстані 0,03 м один від іншого. Тоді сумарна довжина робочої частини стрічки складе:

$$L_k = (0,1 + 0,03) \cdot 690 = 90 \text{ м}$$

Сталева сітчаста стрічка обертається по спіралі навколо барабана діаметром $d_b = 1,5$ м, тоді діаметр спіралі: $D_{sp} = 1,5 + 2 \cdot 0,4 + 0,3 = 2,6$ м, а довжина одного ряду спіралі: $l_{sp} = \pi \cdot D_{sp} = 3,14 \cdot 2,6 = 8,16$ м. Всього на барабані повинно бути розміщено $n_{sp} = L_k / l_{sp} = 90 / 8,16 = 11$ рядів спіралей конвеєра.

Приймаємо висоту, на якій продукт надходить в камеру - 0,8 м. З урахуванням висоти продукту, стрічки і кріплень відстань між витками складе 0,2 м. Висота, на якій продукт виходить з апарату складе: $H_k = 0,8 + 11 \cdot 0,2 = 3$ м

З урахуванням розрахованих розмірів спірального апарату приймаємо розміри внутрішні розміри камери $5,2 \times 2,8 \times 4,1$ м. Зовнішні огорожі камери будуть зібрані з сендвіч-панелей товщиною 200 мм (пінополіуретан). Таким чином, зовнішні розміри камери складуть $5,6 \times 3,2 \times 4,5$.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок теплопритоків в апарат

Теплопритокі через огорожі:

$$Q_1 = K_{огр} F \cdot \Delta T \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт теплопередачі огородження, Вт/(м² К);

F – площа поверхні огородження, м²;

ΔT - різниця між температурами поза швидкоморозильного апарату (температура навколишнього середовища) і всередині апарату (температура охолоджуючого повітря), ° С.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень:

$$K_{огр} = (\alpha_n^{-1} + \delta_{из} / \lambda_{из} + \alpha_k^{-1})^{-1}, \text{ Вт/(м}^2\text{К)} \quad (4.2)$$

α_n - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішнього повітря, приймаємо,

$\alpha_n = 8 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;

α_k - коефіцієнт тепловіддачі до повітря камери, $\alpha_n = 35 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$;

$\delta_{из}, \lambda_{из}$ – приймаємо по розрахунку $\delta_{из} = 0,2 \text{ м}$, $\lambda_{из} = 0,035 \text{ Вт/(мК)}$.

$K_{огр} = (1/8 + 0,2/0,03 + 1/35)^{-1} = 0,146 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$

Розрахункова температура повітря камери $t_{кам} = -30 \text{ °С}$. Приймаємо зовнішню температуру в робочому цеху $t_n = 22 \text{ °С}$. Пол під камерою швидкоморозильного апарату буде з електрообігрівом з температурою $+1 \text{ °С}$.

Тоді сумарні тепловтрати через огородження становлять:

$$Q_1 = (2 \cdot 5,6 \cdot 4,5 + 2 \cdot 3,2 \cdot 4,5 + 5,6 \cdot 3,2) \cdot 0,146 \cdot 52 + 5,6 \cdot 3,2 \cdot 0,146 \cdot 31 = 818 \text{ Вт}$$

Теплопритокі від заморожування листового тіста:

$$Q_2 = G \cdot q_z / 3600, \text{ Вт} \quad (4.3)$$

де G – продуктивність розраховується швидкоморозильного апарату, кг/год;

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

q_z – теплота, відведена від продукту при заморожуванні, Дж;

$$Q_2 = 833 \cdot 146634 / 3600 = 33930 \text{ Вт}$$

Теплопритокі від інфільтрації повітря через вікна завантаження і вивантаження:

$$Q_{\text{inf}} = 0.5 \cdot Q_1 \quad (4.4)$$

$$Q_{\text{inf}} = 0.5 \cdot 818 = 409 \text{ Вт}$$

Теплопритокі від роботи електродвигуна приводу конвеєра в нашому випадку буде дорівнює потужності електродвигуна, так як він встановлений всередині швидкоморозильного апарату і вся електрична енергія при його роботі переходить в підсумку в теплову. Приймаємо потужність електродвигуна, що забезпечує роботу конвеєра $Q_{\text{ел.конв.}} = 8400 \text{ Вт}$.

Теплопритокі від працюючих електродвигунів вентиляторів можна визначити, виходячи з основної холодопродуктивності охолоджуючих приладів і коефіцієнта потужності обладнання $m = 0.17$:

$$Q_{\text{эл.вент.}} = 1.1 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_{\text{inf}}) \cdot m = 1.1 \cdot (818 + 33929 + 409) \cdot 0.17 = 6580 \text{ Вт}$$

Сумарне теплове навантаження на апарат буде дорівнює сумі теплопритоків:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{el}} \quad (4.5)$$

$$Q_0 = 818 + 33929 + 409 + 8500 + 6580 = 50200 \text{ Вт}$$

Розрахункове теплове навантаження на компресора визначається з урахуванням коефіцієнта робочого часу компресорів b і втрат холоду в системі k :

$$Q_{0 \text{ комп}} = k \cdot Q_0 / b, \text{ кВт} \quad (4.6)$$

$$Q_{0 \text{ комп}} = 1.03 \cdot 50200 / 0.8 = 64650 \text{ Вт}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунок камери зберігання напівфабрикатів

Потокове виробництво не передбачає тривалого зберігання продукції. Продукція, що випускається, буде рефрижераторним транспортом відправлятися до споживача відразу після виготовлення. Камера зберігання буде розрахована на дводобову кількість заморожених напівфабрикатів, з метою нетривалого зберігання.

Початкові дані:

Місто — Одеса, $t_{oc.}=30^{\circ}C$.

Камера збереження:

Температура камери — $t_{кам} = - 25^{\circ}C$

Маса збереженого продукту — $G=16$ т

Вид вантажу — напівфабрикати: $300 \times 100 \times 20$ мм.

Маса одного напівфабрикату $M_{п}=0,6$ кг

Після заморожування напівфабрикати укладаються на металеві піддони, які завантажуються на візкові палети. Приймаємо розмір піддону $800 \times 1000 \times 10$ мм, на піддоні розміщується 10 штук напівфабрикатів. Приймаємо розмір візкової палети $900 \times 1100 \times 1600$, по висоті в неї буде міститися 32 піддона.

Т.ч. маса продукту на одній палеті складе: $32 \cdot 10 \cdot 0.6 = 192$ кг.

Кількість палет в камері схову: $16000/192 = 83$ штуки.

Відповідно до необхідними технологічними відступами приймаємо для добового зберігання напівфабрикатів камеру площею 144 м². Висоту камери приймаємо 5 м.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення коефіцієнтів теплопередачі для перекриття холодильника:

Для зовнішніх стін

$$k_{zc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+t_k)} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (5.1)$$

де t_k – температура в камері, °С.

$$k_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+(-25))} = 0.223 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для стелі

$$k_{\text{бп}} = 0.95 \cdot k_{nc} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right] \quad (5.2)$$

$$k_{\text{бп}} = 0.95 \cdot 0.223 = 0.211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для внутрішніх стін і перегородок, що відокремлюють охолоджувані приміщення від не охолоджуваних але і не опалювальних

$$k_{но} = 1.18 \cdot k_{nc} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right] \quad (5.3)$$

$$k_{но} = 1.18 \cdot 0.223 = 0.263 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для внутрішніх стін, перегородок і міжповерхових перекриттів, між охолоджуваними приміщеннями

$$k_{\text{вн}} = \frac{1}{2 + 0.07 \cdot \Delta t_{\text{п}}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}} \right], \quad (5.4)$$

де $\Delta t_{\text{п}}$ – різниця між температурами повітря більш теплого і холодного охолоджувальних приміщень по обидва боки огороження.

Приймаємо 0°С, оскільки температура по обидва боки однакова.

$$k_{\text{вн}} = \frac{1}{2 + 0.07 \cdot 0} = 0.5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для підлоги приймаємо даний коефіцієнт згідно коефіцієнтів теплопередачі для підлоги, що обігривається: $k_{п}=0.21 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$

Визначення товщини теплоізоляційного матеріалу

Тепер знаючи величини коефіцієнтів теплопередачі, розраховуємо для кожної багат шарової огорожі товщину теплоізоляційного шару за формулою (5.5).

$$\delta_{із} = \left[\frac{1}{k^*} - \left(\frac{1}{\alpha_з} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_к} \right) \right] \cdot \lambda_{із} \text{ [м]}, \quad (5.5)$$

де k^* - коефіцієнт теплопередачі відповідного огороження;
 $\alpha_з, \alpha_к$ - розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі із зовнішнього і внутрішнього боку огорожі. Приймаємо коефіцієнти тепловіддачі із табл. 2.1;

δ_i, λ_i - товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару конструкції огорожі. Приймають у залежності від обраної ізоляційної конструкції ;

$\lambda_{із}$ - розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності вибраного ізоляційного матеріалу огорожі. Обраний матеріал пінополістирол ПСБ – С, $\lambda_{\text{ПСБ-С}}=0.035 \text{ Вт}/(\text{мК})$

Для урахування впливу теплопровідних включень в ізоляційному шарі розрахункове значення $\lambda_{із}$ визначають як:

$$\lambda_{із} = (1.1 \dots 1.15) \cdot \lambda_{\text{ПСБ-С}} \left[\frac{\text{Вт}}{\text{мК}} \right] \quad (5.6)$$

$$\lambda_{із} = 1.1 \cdot 0.035 = 0.038 \frac{\text{Вт}}{\text{мК}}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Коефіцієнти тепловіддачі біля поверхонь огороження холодильних камер

Огородження	α , Вт/(м ² К)
Зовнішні поверхні холодильника	23
Внутр. поверхні камер зберігання з повітряним охолодженням	9
Внутр. поверхні не охолоджуваних і опалювальних приміщень, що межують з холодильними камерами	8
Внутрішні поверхні камер холодильної обробки	11

Знаючи структуру і матеріал стіни, визначаємо товщину теплоізоляції по формулі (2.5) для кожної огорожі. Якщо збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%, тоді визначаємо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі.

Для зовнішніх стін із структурою

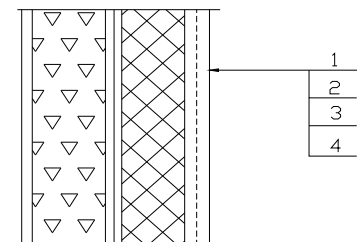


Рис. 5.1 – структура зовнішньої стіни

Таблиця 5.2 – Найменування матеріал шару, для зовнішніх стін.

№шп	Найменування	Товщина δ , м	Коеф. Теплопр-ті λ , Вт/(мК)
1	Штукатурка вапняна	0.02	0.75
2	Пінополістирол ПСБ-С	?	0.035
3	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
4	Важкий бетон	0.14	1.86

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{0.223} - \left(\frac{1}{23} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.002}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.16 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 200 мм, (два шару по 100 мм).

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_{д}^* = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.004}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0.2}{0.038}} = 0.181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для стелі

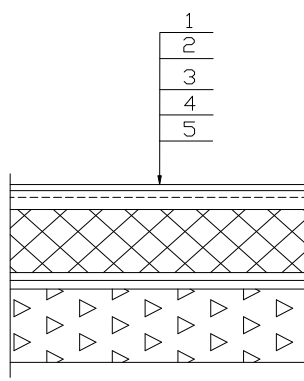


Рис. 5.2 – структура стелі

Таблиця 5.3 – Найменування матеріал шару, для стелі.

№пп	Найменування	Товщина δ , м	Коеф. Теплопр-ті λ , Вт/(мК)
1	П'ять шарів гідроізолу	0.012	0.3
2	Стяжка з бетону	0.04	1.8
3	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
4	Пінополістирол ПСБ-С		0.035
5	Залізобетонна плита	0.35	2.04

$$\delta_{із} = \left[\frac{1}{0.211} - \left(\frac{1}{23} + \frac{0.002}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{0.35}{2.04} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.16 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 200 мм, (два шару по 100 мм).

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_{д}^* = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.004}{0.25} + \frac{0.14}{1.86} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.2}{0.038}} = 0.181 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для внутрішніх стін

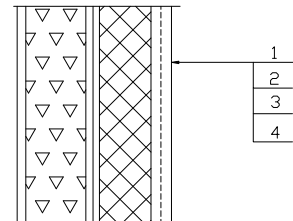


Рис. 5.3 – Структура внутрішніх стін

Таблиця 5.4 – Найменування матеріал шару, для внутрішніх стін

№пп	Найменування	Товщина δ , м	Коеф. Теплопр-ті λ , Вт/(мК)
1	Панель керамзитобетону	0.24	0.47
2	Поліетиленова плівка	0.002	0.25
3	Пінополістирол ПСБ-С		0.035
4	Штукатурка вапняна	0.02	0.75

$$\delta_{із} = \left[\frac{1}{0.263} - \left(\frac{1}{8} + \frac{0.24}{0.47} + \frac{0.002}{0.25} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.11 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 150мм, (один шар 100 мм и один шар 50 мм).

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_{д}^* = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + \frac{0.24}{0.47} + \frac{0.004}{0.3} + \frac{0.2}{0.75} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0.15}{0.038}} = 0.211 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для перегородок між охолоджуваними приміщеннями

Приймаємо, що всі внутрішні перегородки між камерами виконані залізобетонними, товщиною 80 мм з теплоізоляційним матеріалом пінополістиролом ПСБ –С (конструкція аналогічна зовнішнім стінам). Коефіцієнти тепловіддачі по обидві сторони перегородки приймаємо однаковими з таблиці. 2.1 для перегородок між охолоджуваними приміщеннями.

$$\delta_{із} = \left[\frac{1}{0.5} - \left(\frac{1}{8} + \frac{0.08}{1.86} + \frac{0.001}{0.25} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{1}{8} \right) \right] \cdot 0.038 = 0.06 \text{ м}$$

Приймаємо товщину теплоізоляційного шару 100мм.

Дійсне значення коефіцієнта теплопередачі, оскільки збільшена товщина теплоізоляційного шару перевищує від одержаного на 5%.

$$k_{д}^* = \frac{1}{\left(\frac{1}{8} + \frac{0.08}{0.47} + \frac{0.004}{0.3} + \frac{0.2}{0.75} + \frac{1}{8} \right) + \frac{0.1}{0.038}} = 0.34 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}$$

Для підлоги

Теплоізоляцію підлоги приймаємо однаковою для всіх охолоджуваних приміщень. Як розрахункова, вибираємо наступною конструкцію:

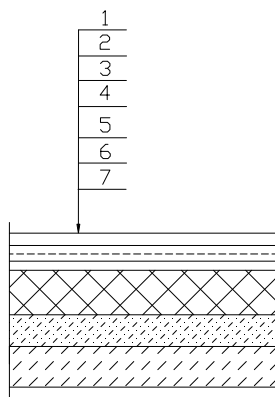


Рис. 5.4 – Структура підлоги

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.5 – Найменування матеріалу шару, для підлоги

№пп	Найменування	Товщина δ , м	Коеф. Теплопр-ті λ , Вт/(мК)
1	Монолітне бетонне покр.	0.04	1.86
2	Армобетоне стягування	0.08	1.86
3	Керамзитовий гравій		0.15
4	Поліетиленова плівка	0.001	0.25
5	Цементний піщаний розчин	0.025	0.98
6	Пісок ущільнювача	0.2	0.58
7	Бетонна підгонка з електро-нагрівачами		

У розрахунку враховуємо лише шари, які передують бетонної підготовці. Коефіцієнт теплопередачі поверхні підлоги, приймаємо однаковими з таблиці 5.2, для внутрішніх поверхонь камер.

$$\delta_{\text{із}} = \left[\frac{1}{0.21} - \left(\frac{1}{9} + \frac{0.04}{1.86} + \frac{0.08}{1.86} + \frac{0.001}{0.25} + \frac{0.025}{0.98} + \frac{0.2}{0.58} \right) \right] \cdot 0.15 = 0.63 \text{ м}$$

Таблиця 5.6 – Характеристики стін холодильника

№пп	Найменування	Товщина ізоляції $\delta_{\text{із}}$, м	Товщина ог. $\delta_{\text{ог}}$, м	Коефіцієнт теплопередачі $K_{\text{д}}^*$, Вт/(м ² К)
Камера збереження				
1	Зовнішня стіна	0.2	0.164	0.18
2	Внутрішня стіна	0.15	0.048	0.211
3	Перегородка між камерами	0.1	0.08	0.34
4	Стеля	0.2	0.403	0.181
5	Підлога	0.63	0.34	0.21

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування визначають підсумуванням усіх теплоприливів за формулою (3.1).

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \text{ [Вт]}, \quad (5.7)$$

де Q_1 – теплоприливи через огороження охолоджувальних об'єктів;

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q_2 – теплоприпливи від холодильної обробки вантажів, що перебувають в охолоджувальному об'єкті;

Q_3 – теплоприпливи, що надходять із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджувальних об'єктів;

Q_4 – теплоприпливи від різних джерел, що з'являються при експлуатації охолоджувальних об'єктів;

Q_5 – теплоприпливи від дихання охолоджених плодів і овочів при їхній холодильній обробці і збереженні, або теплоприпливи від інших хімічних реакцій усередині охолоджувального об'єкта.

Розрахунок теплоприливів через огороження

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} \text{ [Вт]}, \quad (5.8)$$

де Q_{1T} – теплоприпливи від різниці температур по обох боках огороження, визначається з виразу (3.3);

Q_{1C} – теплоприпливи від сонячного опромінення зовнішніх огорожень, визначається з виразу (3.4).

$$Q_{1T} = kF(t_3 - t_k) \text{ [Вт]}, \quad (5.9)$$

де k – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для даної огорожі;

F – площа поверхні даної огорожі;

t_3 – температура навколишнього середовища або сусіднього теплішого приміщення;

t_k – температура охолоджуваного об'єкту.

Оскільки підлога обігривається і коефіцієнт теплопередачі постійний для всієї його площі, тоді $t_3 = 1 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$Q_{1C} = kF\Delta t_c \text{ [Вт]}, \quad (5.10)$$

де Δt_c – надмірна різниця температур, що характеризує дію сонячної радіації в літній час, визначаємо за формулою (3.5).

$$\Delta t_c = p \frac{q_c \varepsilon_c}{\alpha_n} \text{ [} ^\circ\text{C]}, \quad (5.11)$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де p – коефіцієнт проникності, залежний від масивності огорожі, що опромінюється сонцем;

q_c – розрахункова напруга сонячної радіації для літнього періоду, приймаємо по табл. 3.1, західної сторони;

ϵ_c – коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею огорожі, приймаємо по табл. 3.2.

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні огорожі в навколишнє середовище, приймаємо по табл. 5.1.

Приймаємо $p=0.75$, так як класична ізоляційно-будівельна конструкція огороження холодильника відноситься до масивних.

Таблиця 5.7 – Розрахункові напруги сонячного випромінювання для літнього періоду

Географічна широта (північна)	q_c , Вт/м ²			
	Горизонтальна плоска стеля	Пд	Сх	З
50	789	384	384	461

Таблиця 5.8 – Коефіцієнти поглинання сонячного випромінювання різними матеріалами

Для стін		Для стелі	
Матеріал поверхні	ϵ_c	Матеріал поверхні	ϵ_c
Штукатурка світла	0.4	Гідроізол	0.86

Таблиця 5.9 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камер.

Огорожа		K , Вт/(м ² К)	F , м ²	t_n , °С	t_k , °С	Q_{1T}^i , Вт	Δt_c , °С	Q_{1C}^i , Вт	Q_1^i , Вт
Камера	Зовнішня (Пн)	0.181	60	30	-25	597	-	-	597
	Перегородка (С)	0.211	60	20	-25	570	-	-	570
	Перегородка (Пд)	0.211	60	20	-25	570	-	-	570
	Перегородка (З)	0.211	60	10	-25	443	-	-	443
	Підлога	0.194	144	1	-25	726	-	-	726
	Стеля	0.176	144	30	-25	952	22.1	383	1951
Сумарні теплоприпливи крізь огорожі камери, Вт									4857

Розрахунок теплоприпливів від вантажів при їх холодильній обробці

$$Q_2 = \frac{G(h_1 - h_2)\tau_{\text{ц}}}{0.0864\tau_{\text{р}}} \text{ [Вт]}, \quad (5.12)$$

де $G_{\text{п}}$ – добове додавання вантажу на холодильну обробку, т/доб. ;
 $(h_1 - h_2)$ – різниця ентальпій вантажу, відповідних початковій і кінцевій температурам продукту (кДж/кг).

$\tau_{\text{ц}}$ – тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту, год;

$\tau_{\text{р}}$ – тривалість робочого періоду, тобто фактичний час, впродовж якого споживається холод, год.

Добове додавання вантажу на холодильну обробку приймаємо 100% від місткості камери.

Приймаємо початкову температуру надходження вантажу в камеру збереження -18°C , тоді ентальпії вантажу будуть рівні $h_1 = -66$ кДж/кг, $h_2 = -92$ кДж/кг (при $t_2 = -25^{\circ}\text{C}$).

Для пристроїв холодильної обробки безперервної роботи. Тривалість холодильної обробки приймаємо безперервну, тоді $\tau_{\text{ц}} = \tau_{\text{р}}$.

$$Q_2 = 8 \cdot (-66 + 92) / 0.0864 = 2407 \text{ Вт}$$

Розрахунок експлуатаційних теплоприпливів від різних джерел

До експлуатаційних відносять теплоприпливи різних за походженням джерел теплоти, що виникають при експлуатації охолоджуваних приміщень.

$$Q_4 = Q_4' + Q_4'' + Q_4''' + Q_4'''' \text{ [Вт]}, \quad (5.13)$$

де Q_4' – теплоприплив від електричного освітлення;

Q_4'' – теплоприплив від електричних двигунів;

Q_4''' – теплоприплив від працюючих людей;

Q_4'''' – теплоприплив від відкривання дверей.

Розрахунок теплоприливу від електричного освітлення

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_4' = q_4' \cdot j_{\text{св}} \cdot F_{\text{буд}} \text{ [Вт]}, \quad (5.14)$$

де $F_{\text{буд}}$ – будівельна площа охолоджувального приміщення;
 $j_{\text{св}}$ – коефіцієнт одночасної роботи світильників. Приймаємо $j_{\text{св}}=0,33$ для трьох зонного освітлення;
 q_4' – питома потужність світильників загального освітлення. Для складських приміщень приймаємо $q_4'=3 \text{ Вт/м}^2$.

$$Q_4' = 0.3 \cdot 3 \cdot 96 = 86 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплоприпливу від електричних двигунів

$$Q_4'' = j_{\text{дв}} \Sigma N_{\text{дв}} \text{ [Вт]}, \quad (5.15)$$

де $j_{\text{дв}}$ – коефіцієнт одночасності роботи устаткування з електродвигунами ($j_{\text{дв}} = 0.4 \dots 1$). Приймаємо $j_{\text{дв}} = 0.4$.

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

Так як розрахунок теплоприливів ведуть при проектуванні охолоджувального об'єкта, то на цьому етапі роботи ще не відомі потужності електродвигунів устаткування, у цьому випадку ведемо розрахунки по виразу (3.12).

$$\Sigma N_{\text{дв}} = 1.2(Q_1 + Q_2 + Q_3)m, \quad (5.16)$$

де $(Q_1 + Q_2 + Q_3)$ – сума розрахованих теплоприливів для даної камери;
 m – коефіцієнт, зумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодовидатності повітроохолоджувача.

Коефіцієнт m для камер збереження з повітряним охолодженням буде рівним $m=0.06$

$$Q_4'' = 0.4 \cdot 1.2 \cdot (4857 + 2407) \cdot 0.06 = 209 \text{ Вт}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок теплоприпливу від працюючих людей

$$Q_4''' = q_4''' n \text{ [Вт]}, \quad (5.17)$$

де q_4''' – тепловиділення однієї працюючої людини, Вт.

n – число працюючих.

Для камери збереження и охолодження, тепловиділення працюючої людини при роботі середньої важкості розрахуємо за формулою (3.13).

Число працюючих приймаємо $n=6$.

$$q_4''' = 270 - 6t_k \quad (5.18)$$

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot (-25)) \cdot 6 = 2520 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплоприпливу при відкриванні дверей

$$Q_4'''' = V F_{\text{буд}} \text{ [Вт]}, \quad (5.19)$$

де V – питома витрата холоду при відкриванні дверей, Вт/м².

При площі приміщення від 50 до 150 м² приймаємо для камер збереження заморожених продуктів у режимі добового завантаження-развантаження $V=35$ Вт/м².

$$Q_4'''' = 35 \cdot 96 = 3360 \text{ Вт}$$

Сума експлуатаційних теплоприпливів

$$Q_4 = 86 + 209 + 2520 + 3360 = 6990 \text{ Вт}$$

Таблиця 5.13 – Сумарні теплопритоки в камеру

	Q ₁ , Вт	Q ₂ , Вт	Q ₄ , Вт	Q ₀ , Вт
Камера №1	4857	2407	6990	14254

У камері схову буде встановлено два стельових повітроохолоджувача, що працюють при безпосередньому кипінні фреону R404a.

В експедиції буде здійснюватися розфасовка напівфабрикатів по піддонам і палетам. Температура в приміщенні експедиції 0 ° С. Відповідно до плануванням площа приміщення експедиції 27 м². Приймаємо за

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

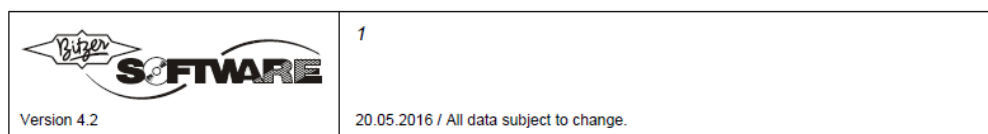
укрупненими показниками теплове навантаження на 1 м² підлоги 75 Вт. Тоді загальне теплове навантаження по експедиції складе:

$$Q_{0\text{екс}}=27\cdot 0,075=2 \text{ кВт}$$

В експедиції буде встановлений один стельовий повітроохолоджувач, що працює при безпосередньому кипінні фреону R404a.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камери схову один компресор Bitzer марки 6G-30.2Y-40P, при температурі конденсації (повітряний конденсатор) $t_k=45$ °C, об'єднані в загальну лінію високого і низького тиску. Потужність електродвигунів компресорів 14 кВт. За даними Bitzer теплота конденсації, яку необхідно буде відвести в навколишнє середовище, дорівнює $Q_k=30.5 \cdot 5=153$ кВт. Вартість одного компресора 8300 EVR.

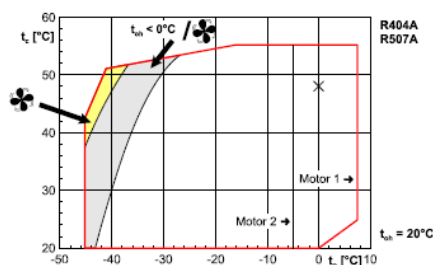


Compressor Selection: Condensing Units

Input Values

Cooling capacity	2kW
Series	Standard
Refrigerant	R404A
Reference temperature	Dew point temp.
Evaporating SST	0°C
Ambient temp.	30°C
Suction gas temperature	20°C
Power supply	400V-3-50Hz
Useful superheat	100%
Capacity regulation	100%

Application Limits



Output

Unit type	LH32/	LH32/
	2KC-05.2Y-40S	2JC-07.2Y-40S
Cooling capacity	2.57 kW	3.15 kW
Evaporator capacity	2.57 kW	3.15 kW
Power input*	1.02 kW	1.50 kW
Current (400V)	2.01 A	2.86 A
Voltage range	380-420V	380-420V
Mass flow	78.8 kg/h	104.5 kg/h
Condensing SDT	47.6 °C	52.7 °C
Liquid subcooling	3.00 K	3.00 K
Operating mode	Standard	Standard

*Power input compressor, power input fan see "T. Data"

Приймаємо для забезпечення роботи повітроохолоджувача експедиції компресорно-конденсаторний агрегат Bitzer марки LH32/2KC-05.2Y-40S, що працюють при температурі кипіння холодоагенту R404A $t_0=0$ °C. Споживана потужність 1 кВт. Ціна агрегату 1550 EVR.

Підбір конденсатора за розрахунковою тепловим навантаженням проводиться за допомогою програми AlfaSelect.

Вибираємо підлоговий повітряний конденсатор фірми Alfa-Laval марки AGS633CT с потужністю 171.5 кВт, номінальна споживана потужність 6250 Вт. Ціна апарату 7476 EUR.

Підбір повітроохолоджувачів за розрахунковою тепловим навантаженням проводиться за допомогою програми AlfaSelect.

Вибираємо для спірального апарату повітроохолоджувач фірми Alfa-Laval марки АВ 150Н632ВТ с холодопродуктивністю 58.5 кВт. Номінальна споживана потужність електродвигунів вентиляторів 4700 Вт. Ціна апарату 15413 EUR.

Вибираємо для камери зберігання 2 повітроохолоджувача фірми Alfa-Laval марки CDEH402BS с холодопродуктивністю по 7 кВт. Номінальна споживана потужність електродвигунів вентиляторів 560 Вт. Ціна апаратів 7720 EUR.

Підбираємо для камери зберігання 2 повітроохолоджувача фірми Alfa-Laval марки CDEH402BS с холодопродуктивністю по 7 кВт. Номінальна споживна потужність електродвигунів вентиляторів 560 Вт. Ціна апаратів 7720 EUR.

Загальна споживана потужність при роботі цеху:

$$N_{\text{ел}}=8.5+5\cdot 14+1+6.25+4.7+2\cdot 0.56+0.035=91.61 \text{ кВт}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Розрахунок магістральних трубопроводів, підбір допоміжного устаткування

7.1 Тепловий розрахунок

Тепловий розрахунок буде проводитися для холодильної машини, яка працює на швидкоморозильний апарат, за наступними даними:

- температура кипіння R404a $t_0 = -38 \text{ }^\circ\text{C}$;
- потрібна холодопродуктивність $Q_{0 \text{ комп}} = 16.5 \text{ кВт}$;
- температура конденсації агента $t_k = 42 \text{ }^\circ\text{C}$;
- сумарний перегрів на всмоктуванні $\Theta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- переохолодження після конденсатора $\Delta t_{\text{по}} = 0 \text{ }^\circ\text{C}$.

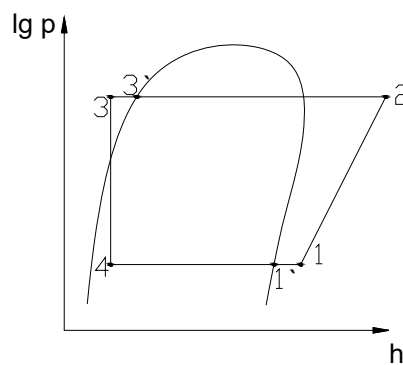


рис. 7.1 – Термодинамічний цикл холодильної машини

Процеси, відбиті в циклі:

1-2 – стискування в компресорі;

2-3 – конденсація;

3-4 – дроселювання агента;

4-5 – кипіння у випарнику;

1'-1 – перегрів на всмоктуванні;

3'-3 – переохолодження після конденсатора.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Розрахункові дані циклу холодильної машини

	1'	1	2	3	4
t, °C	-37.5	-8	85	41.7	-38
P, бар	1.5	1.45	19	19	1.45
h, кДж/кг	345	369	415	267	267
v, м ³ /кг	-	0.151	-	-	

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 369 - 267 = 102 \text{ кДж/кг} \quad (7.1)$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 102 / 0.151 = 675 \text{ кДж/м}^3 \quad (7.2)$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l = h_2 - h_1 = 415 - 369 = 46 \text{ кДж/кг} \quad (7.3)$$

Масова витрата агента:

$$M_a = Q_0 / q_0 = 16.5 / 102 = 0.16 \text{ кг/с} \quad (7.4)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0.16 \cdot 0.151 = 0.024 \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.5)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_c = 1 - 0.03 \cdot [(P_k / P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0.015 \cdot [(19 / 1.45) - 1] = 0.82 \quad (7.6)$$

$$\lambda_w = (T_0 + \Theta) / (\alpha \cdot T_k + \beta \cdot \Theta) = (235 + 30) / (1.12 \cdot 315 + 0.5 \cdot 30) = 0.72$$

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w = 0.82 \cdot 0.72 = 0.59$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h = V_d / \lambda = 0.024 / 0.59 = 0.04 \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.7)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l = 0.16 \cdot 46 = 7.4 \text{ кВт} \quad (7.8)$$

Індикаторний ККД компресора:

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot t_0 = 0.72 - 38 \cdot 0.001 = 0.682 \quad (7.9)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / \eta_i = 7.4 / 0.682 = 10.9 \text{ кВт} \quad (7.10)$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{тр} = 0.04 \cdot 40 = 1.6 \text{ кВт}, \quad (7.11)$$

де $P_{тр}$ - середній тиск тертя, для фреонових компресорів $P_{тр} = 40$ кПа.

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 10.9 + 1.6 = 12.5 \text{ кВт} \quad (7.12)$$

Електрична потужність компресора:

$$N_{эл} = N_e / \eta_{эл} = 12.5 / 0.85 = 14.7 \text{ кВт}, \quad (7.13)$$

де $\eta_{элДВ}$ - ККД електродвигуна компресора.

Теоретичний коефіцієнт перетворення:

$$COP_T = q_0 / l = 102 / 46 = 2.2$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт перетворення циклу Карно:

$$\text{COP}_{\text{карно}} = T_{\text{к}} / (T_{\text{к}} - T_0) = 315 / (315 - 235) = 3.93$$

Дійсний коефіцієнт перетворення:

$$\text{COP}_{\text{д}} = Q_0 / N_e = 16.5 / 12.5 = 1.3$$

7.2 Розрахунок магістральних трубопроводів

Об'ємна витрата агента:

$$V_a = M_a / \rho, \text{ [м}^3/\text{с]}, \quad (7.15)$$

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

Діаметр трубопроводу, що розраховується:

$$d = 1.13 \cdot (V_a / w)^{0.5}, \text{ [м]}, \quad (7.16)$$

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

Нагнітальний трубопровід для одного компресора:

При $t_2 = 85 \text{ }^\circ\text{C}$ и $P_{\text{к}} = 19 \text{ бар}$ – щільність агента $\rho_2 = 36.6 \text{ кг/м}^3$.

$$V_a = 0.16 / 36.6 = 0.004 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$d_{\text{н}} = 1.13 \cdot (0.004 / 14)^{0.5} = 0.02 \text{ м}.$$

Приймаємо на нагнітанні мідну трубу 22×1 .

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всмоктующий трубопровод для одного компрессора:

При $t_1 = -38^\circ\text{C}$ и $P_0 = 1,45$ бар визначаємо щільність агента $\rho_1 = 6.62 \text{ кг/м}^3$.

$$V_a = 0.16 / 6.62 = 0.024 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.024 / 12)^{0.5} = 0.05 \text{ м.}$$

Приймаємо на всмоктуванні мідну трубу 54×2.

Трубопровод на сливі від конденсатора до ресивера:

При $t_3 = 42^\circ\text{C}$ и $P_k = 19$ бар визначаємо щільність агента $\rho_3 = 964 \text{ кг/м}^3$.

$$V_a = 0.16 \cdot 5 / 964 = 0.0008 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_n = 1.13 \cdot (0.0008 / 1)^{0.5} = 0.032 \text{ м.}$$

Приймаємо на рідинному зливі мідну трубу 35×1.5.

7.3 Підбір допоміжного устаткування

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

Лінійний ресивер для даної холодильної системи безпосереднього охолодження 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: $V_{исп} = 2 \cdot 0.25 \cdot \pi \cdot d_{вн}^2 \cdot \Sigma L = 2 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.014^2 \cdot 749 = 0.24 \text{ м}^3$.

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

$$V_{л} = (0.6 \cdot V_{исп} / 0.5) \cdot 1.2 = (0.6 \cdot 0.24 / 0.5) \cdot 1.2 = 0.36 \text{ м}^3.$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як лінійні ресивери використовують горизонтальні або вертикальні циліндрові судини. По місткості підбираємо горизонтальний ресивер 0.5PB, який може використовуватися при робочому тиску до 1.8 мПа в діапазоні температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресивера зварні, запобіжні клапани мають умовний прохід D_y 15мм.

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

Рідина відділяється від пари унаслідок різкої зміни швидкості і напрямку руху холодильного агента. Швидкість пари в судині не повинна перевищувати 0.5 м/с. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, що має патрубки і штуцера для приєднання рідинної і парових ліній, зрівняльної лінії, автоматичних приладів і манометра. Судина розрахована на робочий тиск не більше 1,5 мПа в робочому діапазоні температур от -50 до +40 °С. Підбираємо віддільник рідини фірми Sanrong марки SR-208.

Масловіддільники призначені для відділення масла, що відноситься з компресорів разом з холодильним агентом. Підбір масловіддільників проводиться по діаметру нагнітального патрубка компресора. Вибираємо масловіддільник циклонного типу марки 50МО.

Мастилозбірник призначений для перепускання в нього масла з апаратів і подальшого видалення його з системи при низькому тиску. Він є зварною вертикальною циліндровою судиною, розрахованою на робочий тиск не більше 1,8 мПа в робочому діапазоні температур від -40 до +150 °С. Вибираємо мастилозбірник марки 80МЗ.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Розрахунок повітроохолоджувача

Розрахунок повітроохолоджувача проводимо для апарата, якій буде розташовано у камері швидкоморозильного апарата. За результатами попередніх розрахунків навантаження на апарат складає 50 кВт.

У розрахунку використовуються наступні дані:

- холодопродуктивність апарату $Q_0=50000$ Вт;
- температура повітря камери $t_k=-30$ °С;
- відносна вологість повітря камери $\phi_k=0.85$;
- швидкість повітря в живому перетині $w_B=5$ м/с;
- форма ребра – пластинчате;
- матеріал труб мідь $\lambda_{тр}=384$ Вт/(м·К), $d_H=0.016$ м, $d_{BH}=0.014$ м;
- матеріал ребер алюміній $\lambda_p=204$ Вт/(м·К),
- крок ребер $u=0.01$ м, ширина ребра $B_p=0.064$ м, висота ребра $H_p=0.032$ м, товщина ребра $\delta_p=0.0008$ м;
- пучек труб шаховий, кроки труб $S_1=0.064$ м, кроки труб $S_1=0.032$ м.
- температура кипіння агента (R 404a) $t_0=-38$ °С;
- товщина інею, що осів $\delta_i=0.002$ м, $\lambda_i=0.2$ Вт/(м·К).

Розрахунок

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

Температура на виході з апарату:

$$t_B=t_k-\Delta t=-30-2=-32 \text{ °С}$$

Середня температура повітря:

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_c = 0.5 \cdot (t_k + t_b) = 0.5 \cdot (30 - 32) = -31 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Задаємося середньою температурою поверхні ПО, покритою інеем:

$$t_{\Pi} = -34.2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По таблицях визначаємо вологовміст насиченого повітря при:

$$t_k - d_k'' = 0.311 \text{ г/кг}; t_{\Pi} - d_{\Pi}'' = 0.206 \text{ г/кг}; t_b - d_b'' = 0.256 \text{ г/кг}.$$

Вологовміст повітря в камері при t_k по таблиці $d_k = 0.264 \text{ г/кг}$

Вологовміст на виході з повітроохолоджувача:

$$d_b = d_k - (d_k - d_{\Pi}'') \cdot (t_k - t_b) / (t_k - t_{\Pi}) \text{ [кг/кг]} \quad (8.1)$$

$$d_b = 0.264 - (0.264 - 0.206) \cdot (-30 + 32) / (-30 + 34.2) = 0.237 \text{ г/кг}.$$

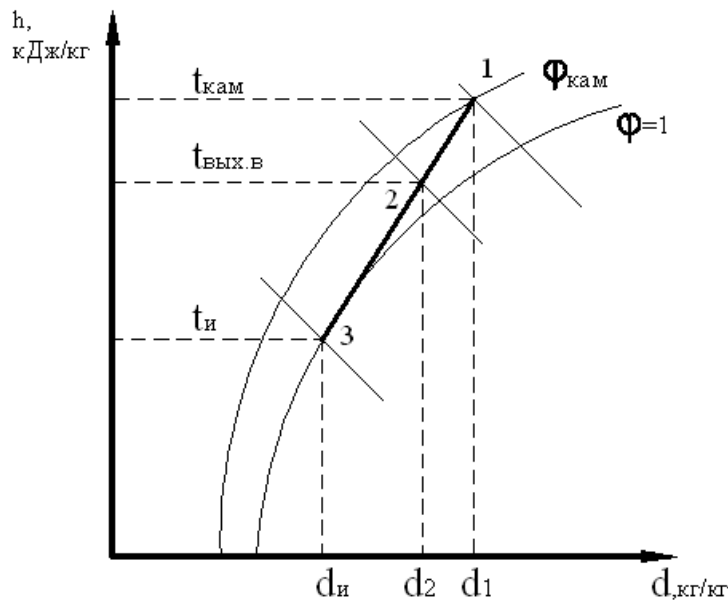


рис. 8.1 – Процес обробки повітря у повітроохолоджувачі в h-d діаграмі.

Відносна вологість на виході з апарату:

$$\phi_b = d_b / d_b'' = 0.237 / 0.256 = 0.923$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ентальпія повітря визначається по формулі:

$$h=1.006 \cdot t+(2835+2.09 \cdot t) \cdot d \quad [\text{кДж/кг}] \quad (8.2)$$

$$h_{\kappa}=-29.5 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{\text{в}}=-31.6 \text{ кДж/кг}$$

Геометричні параметри прийнятого ребристого елемента.

Зовнішня поверхня ребра:

$$f_{\text{р}}=2 \cdot (B_{\text{р}} \cdot H_{\text{р}}-0.785 \cdot d_{\text{н}}^2)=3.69 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{\text{тр}}=\pi \cdot d_{\text{н}} \cdot (u-\delta_{\text{ор}})=0.46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{\text{вн}}=\pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot u=0.44 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{\text{п}}=f_{\text{р}}+f_{\text{тр}}=4.16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт обрєбрення:

$$\beta = f_{\text{п}}/f_{\text{вн}}=9.45$$

Ступінь обрєбрення:

$$\phi = f_{\text{п}}/(\pi \cdot d_{\text{н}} \cdot u)=8.27$$

Умовний ступінь обрєбрення:

$$\beta_{\text{н}} = f_{\text{п}}/f_{\text{тр}}=8.99$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні характеристики поверхні інею.

Зовнішня поверхня інею на ребрі:

$$f_{pi}=2 \cdot (B_p \cdot H_p - 0.785 \cdot (d_n + 2 \cdot \delta_i)^2) = 3.47 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами:

$$f_{tpi} = \pi \cdot (d_n + 2 \cdot \delta_i) \cdot (u - \delta_{op} - 2 \cdot \delta_i) = 0.83 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня інею на ребристому елементі:

$$f_i = f_{tpi} + f_{pi} = 4.3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт обрешення поверхні, покритої інеєм:

$$\beta_i = f_i / f_{вн} = 9.77$$

Площа `живого` перетину одного ребристого елемента з інеєм:

$$f_{ж} = (S_1 - d_n - 2 \cdot \delta_i) \cdot (u - \delta_p + 2 \cdot \delta_i) = 5.8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Теплообмін з боку повітря.

Теплофізичні властивості повітря при t_c :

- кінематична в'язкість $\nu_b = 10.8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;
- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_b = 0.022 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;
- число Прандтля $Pr_b = 0.723$;
- щільність $\rho_b = 1.428 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Коефіцієнт вологовипадіння визначається по формулі:

$$\xi = 1 + (d_k \cdot \varphi_k - d_{п'}) \cdot (2835 - 2.09 \cdot t_{п'}) / [(1.006 + 1.87 \cdot d_{п'}) \cdot (t_k - t_{п'})] = 1.1$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

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

Визначальний розмір.

$$\text{Еквівалентний діаметр: } d_3 = 2 \cdot [(u - \delta_p) \cdot (S_1 - d_H)] / ((u - \delta_p) + (S_1 - d_H)) = 0.015 \text{ м}$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re}_B = w_B \cdot d_H / \nu_B = 5 \cdot 0.016 / (10.8 \cdot 10^{-6}) = 7407$$

Число Нуссельта:

$$\text{Nu}_B = 0.178 \cdot \text{Re}_B^{0.6} \cdot (S_2 / d_3)^{-0.14} = 33.72$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні повітроохолоджувача до повітря:

$$\alpha_B = \text{Nu}_B \cdot \lambda_B / d_H = 46.37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(\alpha_B \cdot \xi)^{-1} + \delta_i / \lambda_i]^{-1} = 33.78 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра:

$$h' = H_p \cdot [1 + 0.805 \cdot \ln(0.076 / d_H)] = 0. = 0.033 \text{ м}$$

Безрозмірний комплекс

$$\text{mh}' = [2 \cdot \alpha_{B \text{ пр}} / (\delta_p \cdot \lambda_p)]^{0.5} \cdot h' = 0.671$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E = [\tanh(mh)] / mh = 0.866$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра:

$$\psi = 1 - 0.058 \cdot mh = 1 - 0.058 \cdot 0.671 = 0.964$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{в\text{ пр}} = \alpha_{в\text{ пр}} \cdot (f_p \cdot E \cdot \psi + f_{тр}) / f_{п} = 23.47 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{в} = \alpha_{в} \cdot \xi \cdot \beta_i \cdot (t_c - t_{п}) = 1595 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі в трубах апарату:

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

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

$$\alpha_0 = 32 \cdot 80^{0.47} \cdot 1595^{0.15} = 759 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні інею:

$$K_{ні} = [\beta_i / \alpha_0 + 1 / \alpha_{в\text{ пр}} + \phi \cdot (0.5 \cdot (d_n - d_{вн}) / \lambda_{т})]^{-1} = 23.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні сухої поверхні:

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_H = K_{Hi} \cdot \beta / \beta_i = 22.71 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Перевіряємо раніше прийняту температуру поверхні апарату:

- щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею:

$$q_H = K_{Hi} \cdot (t_c - t_0) = 164.5 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

- розрахункова різниця температур:

$$\Delta t_p = q_H / (\alpha_v \cdot \xi) = 164.5 / (46.4 \cdot 1.1) = 3.22 \text{ }^\circ\text{C};$$

- відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур:

$$\varepsilon = |[\Delta t_p - (t_c - t_{п})] / \Delta t_p| \cdot 100\% = 0.7 \%$$

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

$$F_H = Q_0 / [K_H \cdot (t_c - t_0)] = 50000 / (22.7 \cdot 7) = 314.5 \text{ м}^2$$

Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача.

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач:

$$V_B = Q_0 \cdot 10^{-3} / [\rho_v \cdot (h_k - h_v)] = 16.73 \text{ м}^3/\text{с}$$

По графіках характеристик вентиляторів вибираємо чотири вентилятора марки ВО-12-303-8 при орієнтовному натиску $H=120 \text{ Па}$ з діаметром вентилятора $D_B=0.8 \text{ м}$.

Мінімальний `живий` перетин повітроохолоджувача:

$$F_{ж} = V_B / w_B = 16.73 / 5 = 3.345 \text{ м}^2$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_{\phi} = F_{ж} \cdot S_1 \cdot u / f_{ж} = 3.686 \text{ м}^2$$

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

$$e = F_{\phi} / (0.25 \cdot \pi \cdot D_B^2) = 1.83$$

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції

повітроохолоджувача у фронтальному перетині:

- ширина і довжина $H' = L' = F_{\phi}^{0.5} = 3.686^{0.5} = 1.92 \text{ м}$;

Число труб у фронтальному перетині пучка з округленням до парного цілого: $z_1 = H' / S_1 = 1.92 / 0.064 = 29.9$

Приймаємо дійсне число труб $z_1 = 30$ шт

Дійсна ширина і довжина секції:

$$H = z_1 \cdot S_1 = 30 \cdot 0.064 = 1.92 \text{ м}$$

$$L = F_{\phi} / H = 3.686 / 1.92 = 1.92 \text{ м}$$

Кількість труб по ходу повітря з округленням до найближчого більшого цілого: $z_2 = F_H / [f_{п} \cdot (F_{ж} / f_{ж})] = 13$ шт

Розрахункові параметри теплообмінної поверхні:

- сумарна довжина труб апарату:

$$\Sigma L = L \cdot z_1 \cdot z_2 = 748.7 \text{ м};$$

- площа зовнішньої поверхні:

$$F_{д} = \Sigma L \cdot \pi \cdot d_{вн} \cdot \beta = 311.2 \text{ м}^2;$$

- глибина секції:

$$B = S_2 \cdot z_2 = 0.416 \text{ м}.$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9 Охорона праці

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально - економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити холодильні установки необхідним штатом обслуговуючого персоналу. До обслуговування холодильних установок допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і що мають свідоцтво про закінчення спеціального учбового закладу або курсів по експлуатації холодильних установок — для машиністів, по автоматизації холодильних установок — для слюсарів, по контрольно-вимірювальних приладах і автоматиці, по експлуатації і автоматизації холодильних установок — для електромеханіків. До самостійного обслуговування холодильних установок машиніст і електромеханік можуть бути допущені тільки після проходження стажування протягом 1 mesi і відповідної перевірки знань. Допуск до самостійної роботи здійснюється розпорядженням по підприємству.

На кожному підприємстві відповідно до положення, що діє, про організацію роботи по охороні праці повинні бути розроблені і затверджені головним інженером (головним фахівцем) інструкції з експлуатації (обслуговуванню) холодильного устаткування з урахуванням заходів щодо охорони праці. Інструкції повинні бути затверджені профспілковим комітетом підприємства і доведені до обслуговуючого персоналу (під розписку). На кожному підприємстві наказом повинні бути призначені: особа, відповідальна за справний стан, правильну і безпечну експлуатацію холодильних установок, і особу, відповідальну за реєстрацію холодильних апаратів (судин), нагляд за ними і їх технічний огляд.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						78
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Адміністрація підприємства зобов'язана проводити відповідно до ГОСТ навчання робочих, інженерно-технічних працівників і службовців безпеки праці, а також здійснювати контроль за своєчасністю і якістю навчання тих, що працюють. Загальне керівництво і організація навчання в цілому по підприємству покладаються на керівника підприємства, а в підрозділах — на керівника підрозділу.

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

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

Коефіцієнтом токсичної небезпеки (КТН) який є безрозмірна величина, що визначається відношенням щільності сухої насиченої пари хладагента при температурі 20 °С до ГДК, встановленої для повітря робочої зони. Для хладагента R 404А ГДК=3000 мгм/м³.

Електробезпека

Електробезпека – це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги і електромагнітного поля.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До основних технічних засобів, що забезпечують безпеку робіт в електроустановках, відносять: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, захисне відключення, електричне розділення мережі, застосування малої напруги, огорожі і блокування, ізоляцію струмоведучих частин, застосування підвищеної частоти, електрозахисті засоби.

Використання цих засобів в різних поєднаннях дозволяє забезпечити захист людей від дотику до струмоведучих частин, від небезпечного переходу напруги на струмоведучі частині, від крокової напруги і тому подібне.

Найчастіше використовують захисне заземлення. Захисним заземленням називають навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Воно призначене для усунення поразки електричним струмом у разі дотику до неструмоведучим металевим частинам електроустановки, що опинилися під напругою.

Розрахунок заземлення.

Граничний допустимий опір заземлення в електроустановках з напругою до 1000 В не повинен перевищувати 4 Ом у будь-який час ($R=4$ Ом). При цьому струм, що проходить через тіло людини < 0.05 А.

Вибираємо тип і геометричні розміри заземлень: контурне $l=2$ м;
 $d = 40$ мм. Відстань між вертикальними заземленнями вибираємо рівним $L = 1$ м.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{расч.} = \rho_{физ.} \cdot \psi , \quad (9.1)$$

де $\rho_{физ.} = 30$ Ом – питомий опір ґрунту;

$\psi = 1.1$ - кліматичний коефіцієнт [5].

$$\rho_{расч.} = \rho_{физ.} \cdot \psi = 30 \cdot 1.1 = 33 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір одного вертикального заземлювача з урахуванням опору ґрунту.

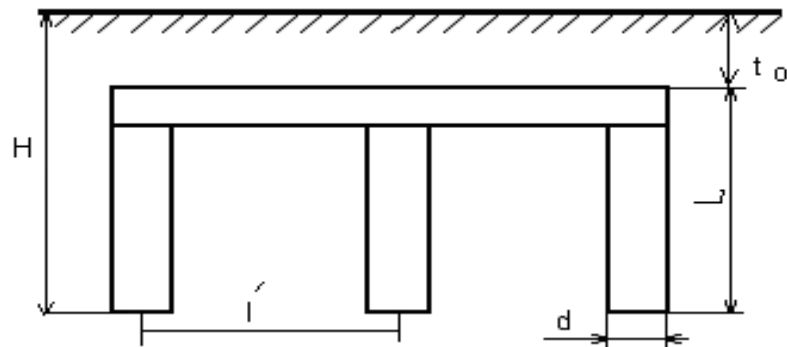


Рис. 9.1 – Схема заземлення

$$R_{\text{стр.}} = \frac{\rho_{\text{расч.}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right), \text{ Ом} \quad (9.2)$$

$$d = 40 \text{ мм}, \quad l = 2 \text{ м}, \quad t_0 = 1 \text{ м}, \quad H = l/2 + t_0 = 1.5 \text{ м}$$

$$R_{\text{стр.}} = \frac{33}{2 \cdot \pi \cdot 1} \left(\ln \frac{2 \cdot 1}{0.04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 1}{4 \cdot 1,5 - 1} \right) = 137 \text{ Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

$$n_{\text{расч.}} = \frac{R_{\text{стр.}}}{R_{\text{расч.}}} \quad n_{\text{расч.}} = \frac{137}{4} = 34 \text{ шт}$$

Визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{\text{СВ}} = \frac{R_{\text{стр.}}}{\eta \cdot n} = \frac{137}{0.55 \cdot 34} = 7.3 \text{ Ом} \quad (9.4)$$

η – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів [5].

Довжина сполучної смуги при розміщенні по контуру:

$$l_{\text{пол.}} = 60 \cdot 2 = 120 \text{ м}$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Опір смуги з урахуванням опору ґрунту:

$$R_{пол.} = \frac{\rho_{расч.}}{\eta \cdot 2\pi \cdot l_{пол}} \ln \frac{l_{пол}^2}{d \cdot t_0} = \frac{33}{0.27 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 120} \ln \frac{120^2}{0.04 \cdot 1} = 2,1 \text{ Ом} \quad (9.5)$$

Загальний опір всієї системи

$$R_{общ.} = \frac{R_{общ.ст.} \cdot R_{пол}}{R_{общ.ст.} + R_{пол}} = \frac{5.7 \cdot 2.1}{5.7 + 2.1} = 1.54 \text{ Ом} \quad (9.6)$$

Оскільки $R_{общ}$ не перевищує $R_{трєб} < 4 \text{ Ом}$, розрахунок виконаний вірно.

Вибухово-пожежна безпека приміщень підприємства

Машинне і апаратне відділення фреонових установок відноситься до категорії Д – негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

Засоби пожежної автоматичної сигналізації.

Електричну пожежну сигналізацію складає встановлений на ділянках і цехах підприємства датчики, за допомогою яких сигнал передається на пункт зв'язку пожежної частини (команди) і приймальної станції, що забезпечує прийом сигналів. Обрана сигналізаційна димова пожежна установка СДПУ-1.

Протипожежний інвентар.

Для розміщення первинних засобів пожежогасіння в виробничих будівлях і на території підприємств передбачають спеціальні пожежні щити з набором:

пінних вогнегасників - 2, вуглекислотних вогнегасників – 1,
ящиків з піском – 1, щільного полотна (волок, азбест) – 1,
ломів – 2, багрів – 3, сокир – 2.

При тушінні пожеж піною широко застосовують генератори високо кратної піни (ГВП) і хімічні вогнегасники ВХП-10.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок кількості балонів з вуглекислотою для внутрішньої пожежогасінні.

Кількість вогнегасного газового складу:

$$G_{\Gamma}=1.25 \cdot (G_{\text{в}} \cdot V_{\text{п}} \cdot K_{\text{у}}), \text{ кг} \quad (9.8)$$

де $G_{\text{в}}$ – вогнегасна концентрація газового складу для вуглекислоти,
 $G_{\Gamma}=0.7 \text{ кг/м}^3$;

$V_{\text{п}}$ – об'єм приміщення, м^3 ;

$K_{\text{у}}$ – коефіцієнт, який враховує особливості процесу газообміну,

$K_{\text{у}}=1.5$ [5];

$$G_{\Gamma}=1.25 \cdot 0.7 \cdot 72 \cdot 1.5=94.5 \text{ кг}$$

Необхідну кількість робочих балонів з вуглекислотою:

$$N_{\text{в}}=G_{\Gamma}/(V_{\text{б}} \cdot \rho \cdot \alpha_{\text{н}}), \text{ од}, \quad (9.9)$$

де $V_{\text{б}}=25 \text{ л}$ – об'єм балона;

$\rho=0.625 \text{ кг/л}$ – щільність засобу гасіння;

$\alpha_{\text{н}}=1$ – коефіцієнт заповнення.

$$N_{\text{в}}=94.5/(25 \cdot 0.625 \cdot 1)=6 \text{ од}$$

Визначення об'єму недоторканного запасу води для гасіння пожежі.

Розрахунок пожежних водоймищ зводиться до визначення ємкості водоймищ і їх кількості. Розрахуємо ємкість пожежного резервуару для гасіння пожежі на промисловому підприємстві виходячи з таких даних: об'єм приміщення компресорного цеху $V=432 \text{ м}^3$, категорія приміщення – Д.

Ємкість водоймища визначимо з умови забезпечення потрібної по нормам витрати води на зовнішню пожежогасінню в перебігу розрахункового часу.

$$V_{\text{в}} = \frac{k \cdot g \cdot n \cdot \tau}{1000} \cdot 3600, \text{ м}^3, \quad (9.10)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k=1,1..1,2$;

приймаю $k=1,2$ [5];

g – витрата води на зовнішню пожежогасінню, $g=15 \text{ л/с}$ [5];

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n – кількість пожеж, при території виробництва до 150 гектар
можливий одна пожежа, понад 150 гектар – дві пожежі, приймаю $n = 1$;

τ – тривалість гасіння пожежі.

При ступені вогнестійкості I і II з виробництвами категорій Г і Д
розрахункову тривалість гасіння пожежі слід приймати рівній двом годинам;
у решті випадків – три години, приймаю $\tau = 2$ ч.

$$V_B = 1,2 \cdot 15 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3,6 = 129,6 \text{ м}^3, \text{ приймаємо } V_B = 130 \text{ м}^3$$

9.3 Виробнича санітарія

Норми по виробничій санітарії і гігієні праці визначають пристрій
виробничих і побутових приміщень, робочих місць відповідно до фізіології і
гігієни праці, а також безпечні межі змісту в повітрі виробничих приміщень
газів, пари і так далі

Правила і норми по техніці безпеки і виробничої санітарії необхідно
дотримувати як при проектуванні, так і при експлуатації промислових
об'єктів, устаткування.

Розрахунок освітлення компресорного цеху.

Правильно спроектоване і виконане освітлення на будь-якому
підприємстві забезпечує можливість правильної виробничої діяльності.
Перебування нервової системи, збереження зору людини і безпека на
виробництві значною мірою залежить від умов освітлення. З цієї причини
необхідно провести розрахунок системи штучного освітлення приміщення, в
якому знаходяться робочі, що стежать за роботою устаткування в
машинному відділенні пересувної рефрижераторної установки.

Розрахунок системи штучного освітлення проводимо при наступних
початкових даних:

- довжина цеху, $A = 12,0$ м;
- ширина цеху, $B = 9,0$ м;
- висота підвісу світильника $h = 3,2$ м;

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- напруга в мережі $V = 220 \text{ В}$.

До початку розрахунку необхідно провести вибір джерел світла, тип світильників, систему освітлення. Вибираємо як джерело світла газорозрядні лампи. Система освітлення - загальна. Вибираємо світильники типу ПВЛП. Далі розподіляємо світильники і визначаємо їх кількість.

Забезпечення рівномірного розподілу джерела досягається в тому випадку, якщо відношення відстані між центрами світильників (L) до висоти їх підвісу над робочою поверхнею ($h_{\text{раб}}$) складає певне число для типу світильників.

В даному випадку приймаємо $\frac{L}{h_{\text{раб}}} = 1,5 \text{ м}$, приймаємо $h_{\text{раб}} = 3,2 \text{ м}$, тоді

$$L = 4,8 \text{ м}$$

Визначаємо кількість необхідних світильників:

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \quad (9.11)$$

де $A = 12,0 \text{ м}$ - довжина цеху, $B = 9,0 \text{ м}$ - ширина цеху;

$$N = \frac{12,0 \cdot 9,0}{4,8^2} = 4,7 \approx 5 \text{ світильників}$$

Визначуваний світловий потік ламп світильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (9.12)$$

де E_n – мінімальна нормована освітленість, приймаємо $E_n = 150 \text{ лк}$ [5];

S – площа приміщення, $S = 108 \text{ м}^2$;

k – коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп, $k = 1,5$ [5];

z – відношення середньої освітленості до мінімальної

$z = 1,1$ (для люмінесцентних ламп);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, який залежить від величини i – індексу приміщення.

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{раб}} \cdot (A + B)} \quad (9.13)$$

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{12,0 \cdot 9,0}{3,2 \cdot (12,0 + 9,0)} = 1,61$$

$$\Phi = \frac{150 \cdot 108 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 100}{5 \cdot 65} = 8224 \text{ лм}$$

Відповідно до виконаного розрахунку вибираємо 5 світильників з двома лампами ($n=2$) ЛД 80 ($r=40$ Вт) зі світловим потоком 4070 лм.

Погрішність вибору ламп

$$\Delta = \frac{n \cdot \hat{\phi}_{\text{е}} - \hat{\phi}}{n \cdot \hat{\phi}_{\text{е}}} = \frac{2 \cdot 4070 - 8224}{2 \cdot 4070} \cdot 100\% = 5\%$$

Потужність електросвітильної установки:

$$R = r \cdot N \cdot n = 80 \cdot 5 \cdot 2 = 800 \text{ Вт.}$$

Розрахунок вентиляції.

Вентиляція призначена для запобігання накопиченню в повітрі приміщення шкідливих речовин, а також для забезпечення заданих метеорологічних умов у виробничому приміщенні. Вона досягається видаленням з приміщення забрудненого повітря (витяжна вентиляція) і подачею в нього свіжого повітря (припливна вентиляція). У загальному випадку ці кількості повітря повинні бути рівні. Можливості вентиляції по відведенню тепла з приміщення обмежені температурою зовнішнього повітря. За способом переміщення повітря розрізняють природну і штучну вентиляцію, а так само змішану. Для проєктованого цеху необхідний пристрій аварійної вентиляції, оскільки можливе раптове надходження в повітря великих кількостей шкідливих речовин (при витоку холодоагенту).

Визначимо видатність вентиляції з кратності повітрообміну

$$L = k \cdot V_{\text{пом}} \left[\frac{\text{м}^3}{\text{год}} \right], \quad (9.14)$$

де k – кратність повітрообміну, приймаємо для робочої вентиляції:

а) припливної $k = 3 \text{ год}^{-1}$; б) витяжної $k = 4 \text{ год}^{-1}$. Аварійна вентиляція

поєднана з витяжною.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_{\text{пом}}$ – об’єм приміщення, $V_{\text{пом}} = 432 \text{ м}^3$.

$L_{\text{прип}} = 3 \cdot 432 = 1296 \text{ м}^3/\text{год}$.

$L_{\text{вит}} = 4 \cdot 432 = 1728 \text{ м}^3/\text{год}$

Визначимо потужність вентилятора

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta P_n}{\eta_v \cdot \eta_{\text{пр}} \cdot 3.6 \cdot 10^6} \text{ [кВт]}, \quad (9.15)$$

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

ΔP_n – втрати тиску в мережі повітроводів; приймаємо для робочої вентиляції: високонапірні вентилятори ($2900 < \Delta P_n < 4500$) Па;

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

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

$$\text{Припливна} - N = \frac{1.2 \cdot 1296 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 1.32 \text{ кВт}$$

$$\text{Витяжна} - N = \frac{1.2 \cdot 1278 \cdot 2000}{0.7 \cdot 0.95 \cdot 3.6 \cdot 10^6} = 1.68 \text{ кВт}$$

Приймаю для витяжної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 6 при $n = 960$ об/хв; для припливної вентиляції осьовий вентилятор МЦ № 5 при $n = 1440$ об/хв.

9.4 Долікарська допомога

Долікарська допомога при отруєнні фреоном.

У всіх випадках отруєння давати вдихати кисень (протягом 30 - 45 хв.) і зігрівати хворого грілками. При цьому потрібно дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків, оскільки при глибокому сні можливе зниження больової чутливості. Добре дати міцний солодкий чай або каву. У разі потреби дати вдихати з ватки нашатирний спирт.

При роздратуванні слизистої оболонки рекомендується полоскати горло і промивати ніс 2 % - ним розчином соди або водою. Незалежно від

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стану потерпілого він повинен бути відправлений до лікаря. При задусі і кашлі хворого слід транспортувати лежачи.

При попаданні фреону в очі їх потрібно промити струменем чистої води і до приходу лікаря надіти темні захисні окуляри. Не можна забинтовувати очі і накладати пов'язку.

У разі попадання фреону на шкіру щоб уникнути обмороження слід обробити уражену ділянку теплою водою (35 - 40 °С), а у разі поразки великої частини тіла зробити загальну ванну. Витираючи тіло після ванни, потрібно прикладати рушник, що добре вбирає воду, а не розтирати її. Після цього на пошкоджену ділянку накладають пов'язку з маззю (Вишнівського або Пеніциліном). Можна використовувати несолоне вершкове або соняшникове масло.

Долікарська допомога при поразці електричним струмом.

Перша долікарська допомога при нещасних випадках від електричного струму полягає у виконанні наступних дій:

- звільнення струму, що постраждав від дії (відключити електроустановку, перерубати дрiт, скинути з нього дрiт за допомогою дерев'яної палиці і т. д.);

- надати першу медичну допомогу (спокій, свіже повітря, при необхідності зробити штучне дихання, зовнішній масаж серця, госпіталізація).

Висновок: в результаті дотримання вищезгаданих норм і правил, а також проведення відповідних заходів на даному холодильному підприємстві буде забезпечена безпечна експлуатація і захист здоров'я людей.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10 Висновки

1. Проаналізовано особливості технології виробництва заморожених напівфабрикатів, розроблено безперервний ланцюг холодильної обробки продукту.

2. Проаналізовано залежність часу заморожування продукту від умов теплообміну і параметрів продукту. У даних умовах товщина продукту, який заморожується, і коефіцієнт тепловіддачі значно впливають на час заморожування продукту.

3. Проведено порівняльний аналіз швидкоморозильних апаратів, які є основною ланкою холодильної ланцюга. На підставі оцінки вибрано оптимальний варіант - спіральний швидкоморозильний апарат.

4. Під задані умови спроектовано спіральний швидкоморозильний апарат, розроблена безперервна технологічна лінія руху продукту від моменту виготовлення до завантаження в рефрижераторний транспорт. Всі елементи з необхідними розмірами представлені на ескізах.

5. Спроектвана камера зберігання заморожених напівфабрикатів, розраховане і підібрано холодильне обладнання, що забезпечує її роботу.

6. Розроблено розділ охорони праці, який спрямовано на забезпечення безпечної роботи устаткування і персоналу підприємства харчової промисловості.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список джерел літератури

1. Апарати холодильних установок [Текст] : посіб. до проведення практик. занять та самост. роботи студентів / А. Ю. Лагутін. — Одеса : ОДАХ, 2006. — 60 с.
2. Апарати холодильних установок : посіб. до курсового проектування [Електронний ресурс] : для здобувачів освіти спец. 142 "Енергетичне машинобудування", галузі знань 14 "Електрична інженерія" / О. В. Зімін, О. М. Томчик ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2022. — 23 с.
3. Проектування поршневого компресора холодильних машин та теплових насосів [Електронний ресурс] : посібник для самост. роботи : для здобувачів вищої освіти за спец. 142 "Енергетичне машинобудування" / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, Б. Г. Грудка, А. В. Мошкатюк ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса, 2021. — Електрон. текст. дані: 113 с.
4. Холодильні установки. Проектування: Навч. посібник/І.Г. Чумак, А.Ю. Лагутін, В.П. Чепурненка, 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.
5. Холодильні установки [Текст] : підручник / І. Г. Чумак, В. П. Чепуренко, С. Ю. Лар'яновський, Е. Г. Парцхаладзе ; під заг. ред. І.Г. Чумака; Одес. держ. акад. холоду. — Одеса : Рефпринтінфо, 2003. — 536 с
6. Мнацаканов Г.К. Основи проектування холодильників [Текст] : навч. посіб. – Одеса : ОГАХ, 2006. – 58 с.
7. Кваліфікаційна робота : метод. вказівки до виконання та оформлення роботи для здобувачів СВО "Бакалавр" [Електронний ресурс] : спец. 142 "Енергетичне машинобудування", галузі знань 14 "Електрична інженерія" ден. та заоч. форм навчання / М. Г. Хмельнюк, Л. І. Морозюк, О. Ю.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Яковлева та ін. ; відп. за вип. М. Г. Хмельнюк ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2021. — 20 с.

8. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарева ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с.

9. Холодильні установки спеціального призначення [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2013. — 488 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 483.

10. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Херсон : Грінь Д.С., 2014. — 484 с. : іл.

11. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості [Текст] : навч. посіб. / О. С. Тітлов, С. Ф. Горикін. — Львів : Новий Світ-2000, 2012. — 286 с. : табл., рис. — (Вища освіта в Україні). — Бібліогр.: с. 219.

12. Хорольський В.П., Коренець Ю.М., Основи проектування холодильних систем: навчальний посібник — Кривий Ріг: ДонНУЕТ, 2023. 218 с.

13. Холодильні машини [Електронний ресурс] : конспект лекцій та посібник для самост. роботи : для студентів галузі знань 14"Електрична інженерія", спец. 142 "Енергетичне машинобудування". Ч. 2 / Л. І. Морозюк, В. В. Соколовська-Єфименко, С. В. Гайдук, Б. Г. Грудка ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Одеса, 2017. — Електрон. текст. дані: 59 с.

					КРМ.ХУКП.1.51-03.1.26	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		