

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



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Проект холодильної установки для камери дозрівання бананів в РГС на 48 палетомісць

Здобувача

Геніх К.В.

4 курсу

ЕН-141 групи

Керівник

к.т.н, доц. Яковлева О.Ю.

Консультанти:

д.т.н, проф. Хмельнюк М.Г.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від

31.05.2024 р.

протокол №

12

Завідувач кафедри ХУКП

Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2024 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

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

«01» березня 2024 року

## **ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Геніх Катерина Володимирівна

1. Тема роботи Проект холодильної установки для камери дозрівання бананів в РГС на 48 палетомісць

Затверджена наказом ОНТУ від 31.08.2023 р. наказ № 487-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи

Дві камери для дозрівання бананів по 24 палети, що разом камера на 48 палетомісць

4. Перелік питань, які потрібно розробити:

1 - Записка; 2 - Анотація; 3 - РОЗДІЛ I. Теоретична частина;

4 - РОЗДІЛ II Розрахункова частина;

5 - РОЗДІЛ III. Техніко-економічні показники проекту;

6 - РОЗДІЛ IV. Охорона праці ; 7 – Висновки;

8. - Список використаних джерел інформації.

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

Презентація в PowerPoint

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	02.04.2024	20.04.2024

7. Дата видачі завдання 01.03.2024 р.

Керівник Яковлева О.Ю.

Завдання прийняв до виконання Геніх К.В.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Записка	29.05-30.05.2024	виконано
2	Анотація	01.03-20.03.2024	виконано
3	РОЗДІЛ I. Теоретична частина	20.03-1.04.2024	виконано
4	РОЗДІЛ II Розрахункова частина	01.04-15.04.2024	виконано
5	РОЗДІЛ III. Техніко-економічні показники проекту	15.04-01.05.2024	виконано
6	РОЗДІЛ IV. Охорона праці	02.04-20.04.2024	виконано
7	Висновки	20.05-24.05.2024	виконано
8	Список використаних джерел інформації	20.05-24.05.2024	виконано
9	Презентація в PowerPoint	25.05-29.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник Геніх К.В.

Керівник роботи Яковлева О.Ю.

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

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

Здобувач-дипломник Геніх Катерина Володимирівна

## Анотація

Ця робота присвячена аналізу процесу дозрівання бананів у спеціалізованих камерах, що є ключовою складовою логістичного ланцюга постачання цих фруктів. Камери для дозрівання бананів забезпечують умови для досягнення оптимальної зрілості плодів перед їх потраплянням до споживача. У дослідженні розглядаються основні технологічні параметри роботи камер, зокрема контроль температури, вологості та рівня етилену — гормону, що прискорює дозрівання. Окрема увага приділена новітнім технологіям та методам, спрямованим на підвищення ефективності процесу дозрівання, зменшення втрат та збереження якості бананів. Розглянуто екологічні та економічні аспекти застосування камер дозрівання, а також перспективи їх розвитку в контексті інноваційних рішень і принципів сталого розвитку.

## Abstract

This study focuses on the analysis of the banana ripening process in specialized chambers, which are a crucial component of the supply chain for these fruits. Ripening chambers for bananas create conditions to achieve optimal ripeness before reaching the consumer. The research examines the primary technological parameters of chamber operation, including temperature, humidity control, and ethylene levels—an essential hormone that accelerates ripening. Special attention is given to cutting-edge technologies and methods aimed at enhancing the efficiency of the ripening process, reducing losses, and preserving the quality of bananas. The ecological and economic aspects of using ripening chambers are also explored, along with their development prospects in the context of innovative solutions and sustainable development principles.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

стор.

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ I. Теоретична частина .....	7
1.1 Актуальність теми.....	6
1.2 Останні досягнення в зберіганні свіжих плодів в контрольованій атмосфері.....	8
1.3. Вплив у регульованому середовищі на термін зберігання бананів .....	16
1.4. Стандарти зберігання бананів і їх зберігання .....	20
1.5. Вплив газового контролю під час зберігання у регульованому середовищі .....	28
1.6 Упаковка з модифікованою атмосферою .....	35
1.7. Застосування інноваційних технологій зберігання в регульованому середовищі .....	43
1.8. Створення контрольованого газового середовища в камерах зберігання бананів.....	46
РОЗДІЛ II Розрахункова частина .....	52
2.1 Розрахунок будівельної площі камер схову фруктів.....	52
2.2 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорож .....	53
2.3 Визначення теплового навантаження камер .....	56
2.4 Тепловий розрахунок холодильної системи .....	64
2.5 Розрахунок повітроохолоджувача.....	68
2.6 Підбір компресорів та допоміжного устаткування, розрахунок магістральних трубопроводів .....	77
РОЗДІЛ III. Техніко-економічні показники проекту.....	79
РОЗДІЛ IV. Охорона праці .....	82
4.1 Техніка безпеки при роботі з холодильними агентами.....	82
Висновки.....	93
Список використаної літератури	

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Проект холодильної установки для камери дозрівання бананів в РГС на 48 палетомісць</i>	Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.		Геніх К.В							
Перевір.		Яколева О.Ю.					5	97	
Реценз.						<i>ОНТУ гр. 141а</i>			
Н. Контр.		Яколева О.Ю.							

## ВСТУП

Дозрівання бананів є надзвичайно важливим аспектом у ланцюгу постачання цих фруктів, оскільки банани збираються зеленими та потребують спеціальних умов для досягнення споживчої зрілості. Сучасні методи дозрівання бананів вимагають використання спеціалізованих камер, де контрольовані параметри температури, вологості та рівня етилену дозволяють досягати оптимального дозрівання. Це необхідно для забезпечення стабільної якості фруктів, їх привабливого вигляду та смакових властивостей.

Глобальна значимість: В умовах глобалізації ринок бананів значно зріс, що зумовлює необхідність розробки ефективних технологій для транспортування та зберігання тропічних фруктів. Банани, як швидкопсувний продукт, продовжують свої метаболічні процеси після збору, що може призвести до передчасного дозрівання та втрати якості.

Технологічний прогрес: Використання камер для дозрівання бананів дозволяє регулювати умови зберігання та створювати оптимальні середовища для дозрівання. Сучасні інновації включають контроль дихального коефіцієнта, використання газопоглиначів та натуральних добавок, які покращують ефективність процесу та забезпечують безпеку продуктів. Такі методи зменшують втрати продукту та харчові відходи, що має економічний та екологічний вплив.

Екологічні та економічні аспекти: Застосування камер для дозрівання бананів сприяє зниженню витрат та підвищенню енергоефективності процесу. Використання контрольованих атмосфер (CA) та модифікованих атмосфер (MAP) допомагає продовжити термін зберігання фруктів, зменшуючи їх метаболічну активність та уповільнюючи ферментативні процеси.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ I. Теоретична частина

### 1.1 Актуальність теми.

Інноваційні рішення: Сучасні технології дозволяють забезпечувати високі стандарти безпеки та якості харчових продуктів, включаючи органічні фрукти та овочі. Використання динамічних систем контролю атмосфери (DCA) дозволяє адаптувати умови зберігання в реальному часі, що подовжує термін зберігання продуктів та знижує ризики розвитку фізіологічних розладів.

Таким чином, актуальність теми дозрівання бананів полягає в необхідності забезпечення стабільної якості та збереження харчових властивостей фруктів у глобальному масштабі. Інноваційні технології та методи, що застосовуються у камерах для дозрівання, сприяють підвищенню ефективності логістичних процесів, зниженню витрат та збереженню екологічної рівноваги.

Також для камер дозрівання бананів зазвичай використовують холодоагенти, які здатні забезпечити точний контроль температури та вологості, оскільки ці параметри є критичними для правильного дозрівання фруктів. Найчастіше використовуються такі холодоагенти:

- R-404A: Це один з найбільш поширених холодоагентів для промислових холодильних установок, включаючи камери дозрівання фруктів. R-404A має хороші властивості теплопередачі і стабільно працює при низьких температурах. Він не руйнує озоновий шар, але має високий потенціал глобального потепління (ПГП).
- R-134a: Широко використовується в різних холодильних системах. Він не руйнує озоновий шар і має нижчий ПГП порівняно з R-404A. Це робить його популярним вибором для систем, де важливий екологічний аспект.
- R-407C: Цей холодоагент часто використовується як заміна для R-22 в комерційних системах кондиціонування і холодильних установках. Він має середній ПГП і добре підходить для систем середньої температури, таких як камери дозрівання.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- R-448A та R-449A: Це нові холодоагенти, які розроблені як екологічно безпечні альтернативи R-404A. Вони мають значно нижчий ПГП і використовуються у сучасних холодильних установках.

Основні фактори, які впливають на вибір холодоагенту для камер дозрівання бананів, включають:

- Температурний діапазон: Холодоагент повинен забезпечувати стабільну температуру, необхідну для дозрівання бананів (зазвичай від 13 до 15°C).
- Ефективність: Висока ефективність теплопередачі важлива для підтримання рівномірної температури в камері.
- Екологічні характеристики: Здатність не руйнувати озоновий шар і мати низький ПГП.

Враховуючи ці фактори, вибір конкретного холодоагенту може залежати від технічних вимог та екологічних стандартів, яких дотримуються оператори камер дозрівання.

## 1.2 Останні досягнення в зберіганні бананів в контрольованій атмосфері

Зберігання бананів в умовах контрольованої (CA) та зміненої атмосфери (MAP) є однією з найсучасніших технологій, що дозволяє значно покращити якість та подовжити термін придатності цих швидкопсувних фруктів. Останні досягнення в цій галузі включають інноваційні методи та технології, спрямовані на оптимізацію процесу зберігання та зменшення втрат продуктів.

*1. Динамічні системи контролю атмосфери (DCA):* Ця технологія дозволяє автоматично регулювати рівні кисню і вуглекислого газу в середовищі зберігання бананів у режимі реального часу. Використання сенсорів для моніторингу метаболічної активності фруктів забезпечує точне налаштування умов зберігання, що уповільнює дозрівання та зменшує ризики псування.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. *Використання газопоглиначів та емітерів етилену:* Сучасні розробки включають використання спеціальних пакетів з газопоглиначами, які ефективно видаляють надлишки етилену з атмосфери, тим самим сповільнюючи процес дозрівання. Крім того, застосування контрольованих доз емітерів етилену дозволяє оптимально регулювати час та інтенсивність дозрівання фруктів у камерах.

3. *Технології модифікованої атмосфери (MAP):* Впровадження MAP для бананів включає використання бар'єрних матеріалів, які контролюють газообмін, дозволяючи підтримувати оптимальні концентрації газів всередині упаковки. Останні розробки у сфері матеріалознавства дозволяють створювати гнучкі та ефективні упаковки, які забезпечують подовжений термін зберігання без втрати якості.

4. *Нанотехнології в упаковці:* Використання наноматеріалів у пакувальних матеріалах для бананів відкриває нові можливості для створення активних бар'єрів, що забезпечують покращену контрольовану атмосферу. Наночастинки можуть мати антимікробні властивості, що знижує ризик розвитку хвороб та псування фруктів.

5. *Біотехнологічні підходи:* Розробка біологічно активних покриттів для бананів, які включають натуральні інгібітори етилену та антимікробні агенти, дозволяє створювати екологічно безпечні та ефективні методи продовження терміну зберігання. Ці покриття можуть бути нанесені безпосередньо на поверхню фруктів, забезпечуючи додатковий захист.

6. *Інтелектуальні системи моніторингу:* Інтеграція IoT технологій у процес зберігання бананів дозволяє в режимі реального часу відстежувати та аналізувати параметри середовища зберігання, такі як температура, вологість, концентрація газів. Це забезпечує своєчасне коригування умов та мінімізує ризику втрати якості продукту.

Таким чином, останні досягнення в зберіганні бананів в умовах контрольованої та зміненої атмосфери сприяють значному покращенню якості фруктів, подовженню їхнього терміну зберігання та зниженню втрат.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інноваційні технології та методи дозволяють забезпечити стабільність та безпеку продукту на всіх етапах логістичного ланцюга, відповідаючи сучасним вимогам ринку та споживачів.

Технологія зберігання у контрольованій атмосфері (СА) є однією з найуспішніших технік, розроблених післяжнивною індустрією в 20 столітті. Проте бл. 100 р. до н.е. римляни вже зберігали зерно в закритих підземних ямах. На початку 1800-х років у Франції Жак Етьєн Берар помітив, що фрукти не дозрівають в атмосфері з низьким вмістом кисню. У 1927 році Кідд і Вест виявили, що зниження частоти дихання у яблук пов'язане з подовженням терміну зберігання. З цього часу вчені після збору врожаю поступово вивчали вплив різних атмосфер на більшість садових продуктів для отримання оптимальної концентрації газів. Застосування звичайного СА зазвичай полягає у підвищенні рівня вуглекислого газу та зменшенні концентрації кисню. Було показано, що СА змінює атмосферу, що оточує продукт, і, таким чином, внутрішній газовий склад, знижуючи метаболічну активність фруктів або овочів і затримуючи старіння. Це також прикоснулося і бананів.

Існують деякі суперечки навколо використання СА. Це пояснюється тим, що споживач може подумати, що зберігання СА надає подріблену свіжість продукції, яку вони купують. Реальність така, що СА розширює сезонну доступність продукції, підтримує фізико-хімічну та функціональну якість і може знизити витрати для споживача. Крім цих переваг, зменшення порушень зберігання, таких як охолодження, допомагає зменшити харчові відходи, що знижує економічний, соціальний та екологічний вплив. Крім того, його потенціал як альтернатива використанню хімікатів після збору врожаю є предметом великого інтересу.

Ефективність СА залежить від: сорту, кліматеричного характеру, температури зберігання, обраної концентрації газів, стадії стиглості, якості товару при збиранні та передскладських обробках. Якщо умови оптимальні для обраної культури, старіння буде уповільнено через: зменшення частоти дихання та окислення субстрату, затримку дозрівання кліматеричних плодів

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та зниження швидкості виробництва етилену. Крім того, СА зменшує частоту дихання патогена і може підтримувати природну стійкість до хвороб. Таким чином, СА продовжує термін зберігання. Однак неналежне управління магазином СА може спровокувати розвиток неприємних запахів і фізіологічних розладів. Щоб отримати найкращі результати, важливо мати глибокі знання про фізіологію продукції та адаптувати технологію до кожного сценарію. Загально визнано, що якнайшвидше застосування СА є найкращим варіантом для максимальної ефективності. Проте це спричиняє різкі зміни в навколишньому середовищі, що може викликати абіотичний стрес у продукті. Останні дослідження пропонують планування СА як засіб кращої адаптації до метаболізму. Затримка початку СА на цибулі на три тижні була настільки ж ефективною для контролю росту паростків за допомогою безперервної СА. Застосування СА протягом 2,5 днів на середині зберігання при 5°C (2,5 дні; 15 кПа CO<sub>2</sub>+ 5 кПа O<sub>2</sub> після 2 днів на повітрі) збільшує термін зберігання на 3 дні. Аналогічно, під час попереднього зберігання рекомендується використовувати умови низької температури. Обладнання та використовувані методи постійно розвиваються. Однак для ефективного об'єкта СА повинні бути встановлені наступні ключові компоненти: газонепроникні склади або кабінки, система охолодження, прилади контролю газу та надійні системи моніторингу (наприклад, датчики кисню, вуглекислого газу, етилену, температури та вологості).

Оптимальні концентрації газу повинні бути адаптовані до кожного товару. Переважно фрукти та овочі повинні зберігатися при низьких концентраціях кисню, поблизу точки анаеробної компенсації (АСР); беручи до уваги, що рівень кисню вище АСР швидко збільшує частоту дихання, а коли нижче, ферментація негативно вплине на метаболізм плодів. У 1990-х роках було продемонстровано, що фрукти, як яблука, можуть зберігатися при рівні кисню до 0,5%. Якщо зберігання здійснюється нижче 2,5 кПа кисню, це вважається зберіганням із наднизьким вмістом кисню (ULO). Хоча

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосування ULO дорожче, ніж звичайні методи СА, його використання призвело до кращої стійкості та збереження якості.

Іншим варіантом є зниження початкової концентрації кисню з метою кондиціонування фруктів, щоб вони протистояли подальшим абіотичним стресам. Ця методика відома як початковий низький кисневий стрес (PLOS), і було виявлено, що вона ефективна проти поверхневих опіків, уникаючи використання хімічних засобів. СА і ULO зберігання є статичними системами, що означає, що атмосфера встановлена на оптимальний рівень і не змінюється відповідно до реакції продукту. Це має кілька недоліків: найнижчий оптимальний вміст кисню має бути відрегульований для кожного продукту та умов (наприклад, сорту та сезонних змін), і важко отримати доступ до фруктів у контейнері, не порушуючи атмосферу, що не дає доступу до інформації в реальному часі.

Техніка СА розвинулась із розробкою більш точних систем керування до динамічної контрольованої атмосфери (сховище DCA). Сховище DCA має на меті якомога нижчий рівень кисню відповідно до ULO, але динамічно адаптує концентрацію газу на основі зміни фізіологічної реакції продукту. Якщо система виявляє стрес з низьким вмістом кисню, вона збільшує рівень кисню, поки товарна реакція не повертається до оптимального порогу. Цей метод є привабливим, оскільки використовує існуючу технологію СА, яка покращується шляхом контролю параметрів майже в реальному часі, подовжуючи термін зберігання продукції довше, ніж традиційний СА. Це також може зменшити вплив порушень зберігання, таких як поверхневий ошпарювання яблук і груш. Донедавна поверхневі опіки запобігали за допомогою післязбирального антиоксиданту дифеніламіну (DPA) або етоксихіну (тільки для груш), але їх використання більше не дозволено в Європейському Союзі.

Для досягнення точного контролю газу приміщення СА постійно контролюються для виявлення вищезгаданого стресу. Основними вимірюваними параметрами є вироблення етанолу (динамічна система

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю (DCS)), флуоресценція хлорофілу (DCA-CF) та оцінка дихального коефіцієнта (RQ). DCS використовує етанол, кінцевий продукт ферментації, як сигнал стресу для анаеробних умов. Його визначають у вільному просторі коробки для зразків, розміщеної в приміщенні для зберігання за допомогою таких датчиків, як мікроваги кристалів кварцу. Основна проблема цього методу полягає в тому, що більшість етанолу, що утворюється під час ферментації, залишається в клітинах, що ускладнює його виявлення.

DCA-CF є ще одним неруйнівним методом для вимірювання первинних процесів фотосинтезу, таких як поглинання світла, передача енергії збудження та фотохімічна реакція у фотосистемі II. На ці процеси впливають такі фактори, як інтенсивність освітлення, температура, вологість і склад газу. У цьому сенсі зміни в вимірюванні CF є індикаторами стресу, таким чином, що CF може виявити пошкодження клітин до розвитку симптомів. Він був успішно використаний для сприйняття низького кисневого стресу в середовищах СА для зберігання яблук, авокадо, груш і бананів. Обмеженнями цієї системи є: датчики можуть вимірювати лише невелику частину окремого фрукта, екстраполюючи результати; вони не можуть багаторазово вимірювати в одній точці; датчики все ще дорогі; їх необхідно відкалібрувати; а піки CF також можуть бути викликані іншим типом стресу, наприклад, абіотичним стресом (посуха, травма від охолодження, чи при транспортуванні). Найпопулярніша система для DCA-CF заснована на датчиках флуоресцентного інтерактивного моніторингу реакції (FIRM), які виявляють флуоресцентне світло (Isolcell, s.P.a., Італія).

Альтернативою цим методам є вимірювання RQ (коефіцієнт дихання) продукту, що зберігається, який можна використовувати як сигнал стресу для адаптації рівня газу в сховищі. Коефіцієнт дихання – це відношення швидкості утворення вуглекислого газу до швидкості споживання кисню фруктами або овочами, що зберігаються (рис. 1.1). Коефіцієнт дихання буде залишатися на рівні одиниці в аеробних умовах і зростати експоненціально понад одиницю, якщо концентрація кисню наближається до нуля, що спричинено переходом

						КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			13

від аеробного дихання до бродіння, що означає низький кисневий стрес. У цьому випадку обмеженням при застосуванні до систем DCA є витік із сховища, що вносить шум у результати. Нещодавно була розроблена нова автоматична система контролю DCA, заснована на онлайн-вимірюваннях коефіцієнту дихання в реальному часі, яка інтегрована в систему управління об'єктом СА.

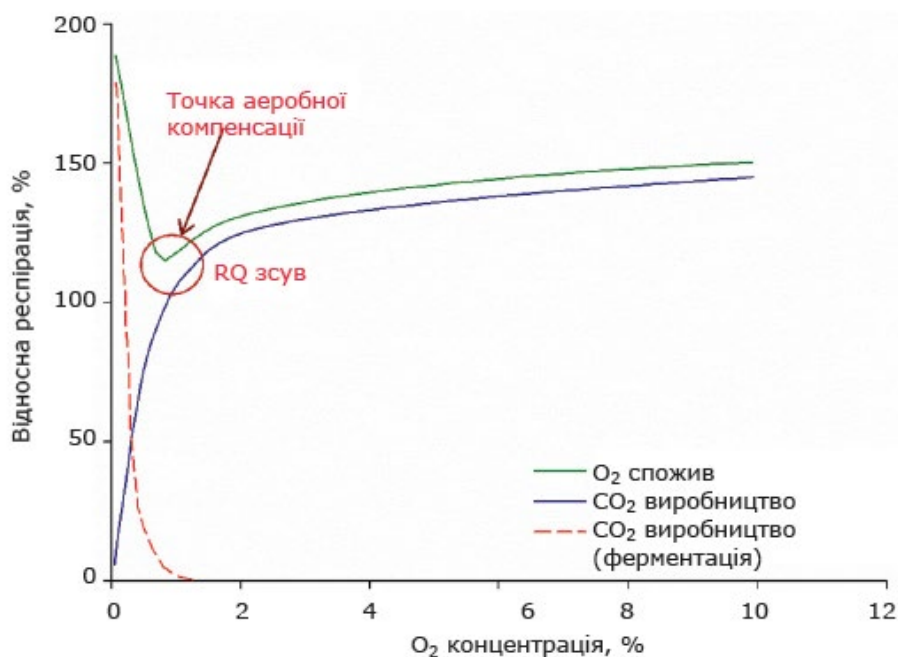


Рис. 1.1. Вплив концентрації кисню на споживання кисню та утворення вуглекислого газу у свіжих продуктах

Це дає змогу системі СА негайно регулювати концентрацію газу відповідно до показань коефіцієнту дихання, уникаючи згаданого шуму, оскільки враховує витік у прогнозній моделі. Цю технологію можна застосовувати в окремих контейнерах для зразків, які є репрезентативними для умов зберігання. Прикладом цього варіанту є LabPod (Storage Control Inc, США), герметично закритий водяний контейнер з основою з нержавіючої сталі та прозорою пластиковою кришкою. Кожна капсула має датчики кисню, вуглекислого газу та температури з цифровим зв'язком до центральної панелі керування. У ньому коефіцієнт дихання періодично й автоматично вимірюється та використовується для встановлення концентрації газу в сховищі. Рекомендується для продуктів, які довго зберігаються, таких як

яблука, ківі та груші, оскільки на даний момент вимагає капіталовкладень і є дорогим в експлуатації. Зараз розробляються нові біосенсори та фотоніка, щоб краще зрозуміти фізіологічно спрямовані втручання СА для контролю дозрівання. Вони також дозволять проводити фенотипування в реальному часі, що дає змогу по-новому зрозуміти аспекти якості та безпеки фруктів та овочів.

Крім вищезгаданих факторів, слід ретельно розглянути дію етилену ( $C_2H_4$ ). Етилен є природним рослинним гормоном, який працює на невеликих рівнях, стимулюючи або регулюючи дозрівання плодів (особливо в клімактеричному періоді). Зберігання СА передбачає збільшення вуглекислого газу та зменшення кисню. Низькі концентрації кисню та/або підвищені концентрації вуглекислого газу пригнічують швидкість утворення етилену, пригнічуючи транскрипти синтази 1-аміноциклопропан-1-карбонової кислоти, ключового ферменту на шляху синтезу етилену. Іншим ефективним варіантом інгібування етилену є застосування 1-метилциклопропену (1-MCP) (рис 1.2). 1-MCP є газоподібним циклічним олефіном, який необоротно зв'язується з етиленовими рецепторами, уникаючи етилензалежних реакцій. 1-MCP дуже ефективний, оскільки його спорідненість до рецептора приблизно в десять разів більша, ніж у етилену. Деякі нещодавні дослідження показують, що ефекти 1-MCP можна порівняти з СА щодо збереження якості свіжих продуктів. Однак DCA — це рішення, яке може забезпечити оптимальні результати під час зберігання після збирання.

Дослідження були зосереджені на інгібуванні дії етилену в останнє десятиліття. Проте технології очищення також доступні, і їх ефективність широко доведена. Ці методи включають високотемпературну каталітичну деградацію, окислення етилену через механізми на основі перманганату калію ( $KMnO_4$ ), активоване вугілля та просочений цеоліт. Найбільш комерційно використовуваною технікою видалення етилену є проста вентиляція, але вона несумісна з середовищами, які вимагають герметизації, такими як СА або деякі розчини MAP та адсорбційні матеріали етилену.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.2. Діаграма, що показує послідовність дії етилену та взаємодії 1-МСП в одному з можливих місць

### 1.3. Вплив у регульованому середовищі на термін зберігання фруктів.

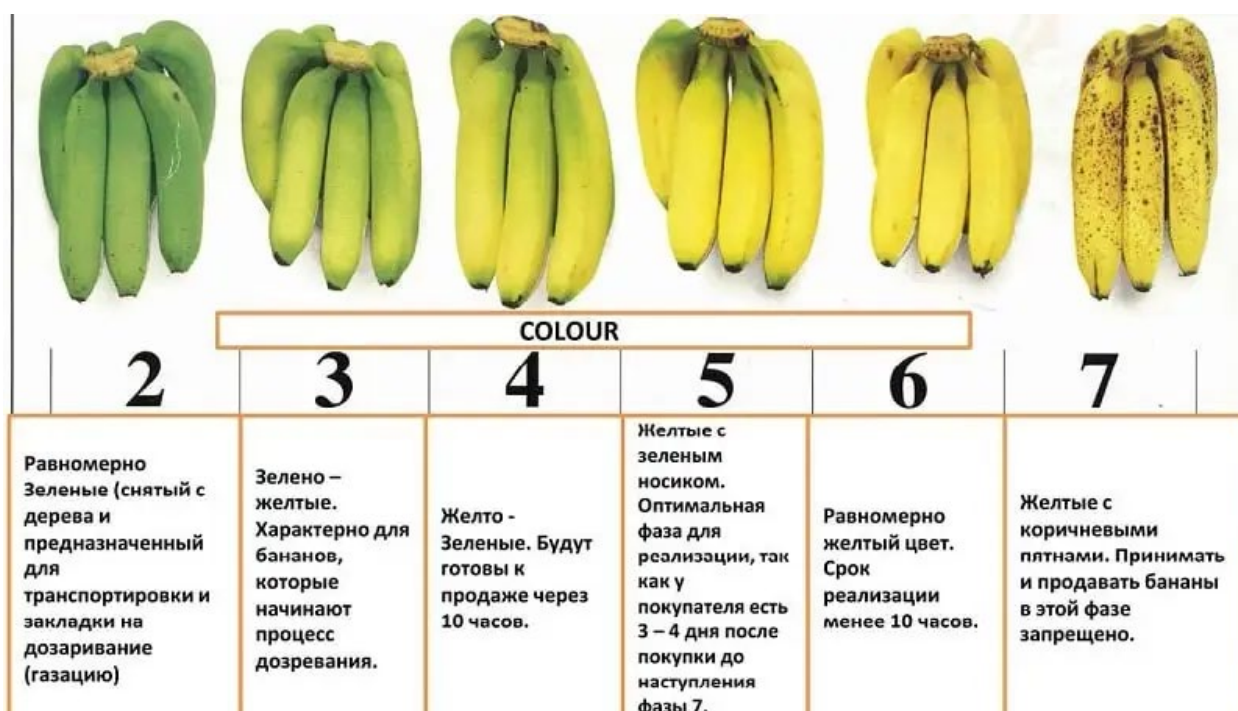
Процес дозрівання бананів залежить від кількох ключових факторів. Важливим аспектом є температура довкілля. Управління температурою всередині камери дозрівання відіграє критичну роль у досягненні оптимального процесу дозрівання. Також важливими факторами є вологість та газовий склад повітря усередині камери. Ці параметри ретельно контролюються, щоб забезпечити рівномірне та якісне дозрівання бананів.

У зеленого банана яскраво виражені поздовжні межі. Зняти вручну з нього шкірку також важко як зняти шкірку з огірка. До речі, зелені банани при розрізуванні також хрумтять як стиглий і свіжий огірок. І навіть їх запах дуже схожий на огірковий. На смак зелений банан схожий на сиру картоплю, який при цьому терпкий і терпкий як зелена хурма. Напевно багато чули що зелені банани можна смажити так як смажать картоплю. І смажений банан теж на смак схожий на смажену картоплю. Це все із-за високого вмісту крохмалю.

Що б крохмаль перетворився на цукор і банан придбав жовтий колір, його ставлять в камеру газациї/дозрівання. Де він штучно дозріває. Ось саме в цій камері банани і обробляють газом з фітогормонами. Хоч це і звучить страшно і відштовхуюче, це звичайна процедура і не якоїсь шкоди кінцевому споживачеві вона не приносить.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фітогормони, в даному випадку етилен, що регулюють різні функції у рослин. Саме етиленом ми обробляємо банани. Кому то може здатися що це якась хімія і отрута, але це не так. Етилен це природний рослинний гормон, який, наприклад, відповідальний за опадання листя у дерев коли настає осінь. А в нашому випадку етилен запускає обмін речовин і в бананах починається перетворення позбавленого смаку крохмалю в цукор. Колір змінюється з зеленого на жовтий і пропадають яскраво виражені поздовжні ребра.



Мал. 1 «етапи дозрівання»

Хоч банан під номером шість і ідеальний колір для продажу, оптовики беруть його рідко і без особливого бажання. Оскільки продавати його треба швидко. Довго він не лежить. Влітку оптовиками цінуватися банан під номером три або чотири, тому що він довше зберегтися в товарному вигляді. Влітку жарко і банан торгується погано із-за широкого вибору інших фруктів, а банани вже всім набридли за зиму.

Взимку ідеальний банан це «п'ятірка» — жовтий, гарний, ароматний і корисний. А ось банан під номером сім на оптовому складі це ЧП. За звичайною ціною оптовики такої брати не будуть, бо як через добу-дві він

почне текти і перетворитися на кашу. Вдома такої швидкої псування не відбувається, тому як вдома зазвичай більше однієї гілки банана рідко хто тримає. А чим більше бананів, тим більше вони самі виділяють свій природний етилен і тим сильніше і швидше зріють, аж до гниття.

Хоч на фото вище і намальований самий смачний банан під цифрою сім, насправді самий солодкий банан — це який дозрів сам по дорозі з Еквадору. Такі банани зустрічаються не дуже часто, але буває що з 1200 ящиків (рівно стільки поміщається в морський контейнер) попадається пару ящиків самодозрева. Навесні-влітку з-за кліматичних нюансів в Еквадорі, таких ящиків може бути половина контейнера і це теж ЧП.

Також з цікавого, є харчова цінність бананів:

*Табл. ... Харчові властивості бананів на 100 г продукту*

	Десертні банани				Плантайни		
	Стигли	Зелені	Сушені	Борошно (зелені)	Стигли	Зелені	Сушені (в зеленому вигляді)
Калорійність (ккал)	65,5—111	108	298	340	110,7—156,3	90,5—145,9	359
вміст вологи (г)	68,6—78,1	72,4	19,5—27,7	11,2—13,5	52,9—77,6	58,7—74,1	9,0
Білки (г)	1,1—1,87	1,1	2,8—3,5	3,8—4,1	0,8—1,6	1,16—1,47	3,3
Жири (г)	0,016—0,4	0,3	0,8—1,1	0,9—1,0	0,1—0,78	0,10—0,12	1,4
Вуглеводи (г)	19,33—25,8	25,3	69,9	79,6	25,50—36,81	23,4—37,61	83,9
Клітковина (г)	0,33—1,07	1,0	2,1—3,0	3,2—4,5	0,30—0,42	0,40—0,48	1,0
Зола (г)	0,60—1,48	0,9	2,1—2,8	3,1	0,63—1,40	0,63—0,83	2,4
Кальцій (мг)	3,2—13,8	11		30—39	5,0—14,2	10,01—12,2	50
Фосфор (мг)	16,3—50,4	28		93—94	21,0—51,4	32,5—43,2	65
Залізо (мг)	0,4—1,50	0,9		2,6—2,7	0,40—0,11	0,56—0,87	1,1
β-Каротин (мг)	0,006—0,151				0,11—1,32	0,06—1,38	45
Вітамін В1 (мг)	0,04—0,54				0,04—0,11	0,06—0,09	0,10
Вітамін В2 (мг)	0,05—0,067				0,04—0,05	0,04—0,05	0,16
Вітамін РР (мг)	0,60—1,05				0,48—0,70	0,32—0,55	1,9
Аскорбінова кислота (мг)	5,60—36,4				18—31,2	22,2—33,8	1,
Триптофан (мг)	17—19				8—15	7—10	14,0
Метіонін (мг)	7—10				4—8	3—8	
Лізін (мг)	58—76				34—60	37—56	

Банани зберігаються в інших умовах, ніж фрукти, які ростуть у нашому кліматі. Наприклад, щоб зберегти структуру і всі корисні властивості винограду, необхідно досягти температурних показників -1 - +2 градусів.

Плоди груш необхідно розміщувати в камерах, де створені «мінусові» умови – близько від -1 до 0 градусів. Дині зберігаються у «плюсових» камерах. Залежно від сорту та ступеня зрілості їх поміщаються у температурні умови + 12 – +13 градусів за Цельсієм. З холодильної камери банани переміщують у так звану газационну камеру, де температура тримається на рівні +18-20°C. Після прогрівання фруктів камера заповнюється банановим газом — сумішшю азоту (95%) і етилену (5%).

Три режими є такі умови для дозрівання бананів:

- 1) 96 діб. Саме такий термін визначається як оптимальний для дозрівання вже досить стиглих продуктів.
- 2) 122-144 години, тобто приблизно 5-6 днів дозрівання для продукту середньої «стиглості».
- 3) 192 години. Банани піддаються газациї 8 днів, це актуально для незрілих продуктів.

#### Газове середовище

Банани виділяють газ етилен, який прискорює їх дозрівання. Зберігання бананів разом з фруктами, які також виділяють етилен (наприклад, яблуками чи помідорами), прискорює процес дозрівання. Використання модифікованої атмосфери (низький вміст кисню та підвищений вміст діоксиду вуглецю) може уповільнити дозрівання бананів під час транспортування та зберігання.

Для сповільнення дозрівання бананів зберігайте їх у прохолодному місці, але не нижче 12°C, і уникайте зберігання в дуже низьких чи більш високої 14°C температури до моменту дозрівання. Бо при дозріванні банани самі виділяють тепло.

Зберігання в атмосфері не дає швидше псуватися, і дає змогу транспортувати на великі відстані, і за допомогою камер газациї. Товару дозрівати на місці.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Що стосується газових умов, найбільш вигідні гази з подвійним низьким вмістом з вмістом O<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub> 1–4%. В умовах подвійного високого рівня газу 5–15% O<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub> якість продуктів нижча, ніж при подвійному низькому газі. Однак перші умови є хорошими для деяких видів фруктів та овочів які інакше захворіли б при низьких рівнях O<sub>2</sub> або CO<sub>2</sub>.

#### **1.4. Стандарти зберігання бананів, затверджені ISO,**

Розглянемо всі вимоги для всього процесу дозрівання бананів. Але для початку ISO (Міжнародна організація стандартизації) є всесвітньою федерацією національних інститутів стандартизації, які повинні виконуватися, для забезпечення найвищого якості.

##### **Стан бананів під час збору**

Оцінка ступеня зрілості бананів під час збору базується на повноті певного плоду на гроні. Це розмірний критерій, який значно відповідає ступеню зрілості, коли плід нормальний.

Негативні екологічні умови можуть призвести до наступних наслідків:

- схильність бананів до більш швидкого розвитку м'якоті, ніж очікувалось;
- можливо, сприяння розвитку грибкових уражень шкірки, особливо стебел і кінців подушечок.

Умови, яким піддаються банани від часу збору до моменту поміщення в камеру для дозрівання

Після збору розвиток бананів впливає під певними зовнішніми або фізіологічними факторами, такими як наступні.

##### *Зовнішні фактори:*

- час між збором і початком охолодження, а також температура, до якої вони піддаються під час цього періоду;
- тривалість охолодження;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- температура і відносна вологість під час транспортування і до моменту поміщення в камеру для дозрівання;
- неправильне поводження, особливо коли це призводить до згинання стебел.

*Фізіологічні фактори:*

- реакція на певні протигрибкові обробки або певні ушкодження;
- неоднорідність ступеня розвитку плодів у межах одного пакування.

**Розміщення бананів у камері для дозрівання**

Грона або частини грон (кущі) бананів

Грона бананів або частини грон бананів (кущі) повинні відправлятися з або без поліетиленової упаковки в коробках з гофрованого картону, з або без перфорацій, що містять від 10 до 18 кг плодів.

Коробки з бананами зазвичай складені на піддонах. Загалом, їх не слід накладати більше восьми рядів у висоту на одному або двох піддонах.

Рекомендується залишити вузький коридор (наприклад, від 10 до 20 см) між рядами піддонів у напрямку циркуляції повітря.

Примітка: можливе використання більш складної техніки, що передбачає розміщення піддонів щільно один до одного, використання покриву над стосом, витяжного вентилятора та перфорованих картонних коробок.

Грона бананів

*При поміщенні в камеру для дозрівання:*

- грона бананів з упаковкою з солом'яного паперу повинні бути розпаковані, оглянуті і при необхідності обрізані;
- грона з поліетиленовим покриттям можуть бути розпаковані або залишені в упаковці.

Грона, підвішені великим кінцем стебла вниз, не повинні поміщатися в одну камеру для дозрівання з гронками або частинами грон, упакованими в

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

картонні коробки (див. 4.1), оскільки їхні умови дозрівання різні; газообмін і теплообмін більш утруднені, і необхідно забезпечити більш ефективну вентиляцію для камери дозрівання.

### **Нагрівання бананів**

Нагрівання бананів до температури, вибраної для дозрівання, здійснюється в два етапи, як описано в наступних :

#### *Початкове нагрівання*

1. Коли зовнішня температура вище 12 °С, природне нагрівання зазвичай відбувається перед тим, як банани поміщаються в камеру для дозрівання. Обсяг нагрівання залежить від зовнішньої температури, тривалості та умов транспортування.

2. Коли зовнішня температура нижче 12 °С, необхідно здійснювати штучне нагрівання, щоб захистити банани від пошкодження холодом, підтримуючи температуру вище 12 °С у використовуваному транспортному засобі.

#### *Додаткове нагрівання*

Додаткове нагрівання здійснюється в камері для дозрівання так, щоб м'якоть плодів досягла температури, встановленої для дозрівання (зазвичай від 16 до 18 °С).

Це нагрівання проводиться поступово у вологій атмосфері, використовуючи систему циркуляції повітря замкнутого циклу, щоб сприяти теплообміну і вирівнюванню температури бананів усередині упаковок. Відносна вологість повинна підтримуватися на рівні близько 95% (зрошення підлоги та стін у простих установках, використання випарників або атомізаторів у більш складних установках).

Тривалість цього періоду нагрівання (зазвичай від 12 до 24 годин) залежить від вибору температури та тривалості дозрівання.

Коли банани були піддані впливу холоду, їх необхідно нагрівати дуже поступово.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Примусове дозрівання.**

### Початок дозрівання

Дозрівання бананів стимулюється за допомогою етилену. Подача етилену проводиться, коли банани досягають необхідної температури, як зазначено в 1.4.3. Слід використовувати комерційний етилен або етилен, отриманий з ацетилену, а не етилен, вироблений від згоряння етилен-продукуючих пристроїв.

### Концентрація етилену і тривалість експозиції

Зазвичай використовується концентрація етилену від 0,1 до 1 мільйонної частини (ppm).

Тривалість обробки коливається від 24 до 48 годин, в залежності від:

- ступеня зрілості бананів;
- температури в камері для дозрівання;
- швидкості обміну повітря в камері;
- бажаного кінцевого стану дозрівання.

### *Температура і відносна вологість*

Температура в камері для дозрівання повинна підтримуватися на рівні, зазначеному в 1.3., за допомогою системи циркуляції повітря.

Відносна вологість повинна підтримуватися на рівні близько 95% за допомогою зрошення підлоги і стін, або за допомогою випарників чи атомізаторів.

### *Система циркуляції повітря*

Система циркуляції повітря повинна забезпечувати рівномірний розподіл етилену та підтримувати рівну температуру в усіх частинах камери. Обмін повітря повинен бути достатнім для видалення вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), який виробляється бананами під час дозрівання.

### *Період дозрівання*

Після початкової обробки етиленом, для повного дозрівання бананів зазвичай потрібно ще кілька днів. Протягом цього періоду необхідно:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підтримувати температуру і відносну вологість на рівнях, зазначених в попередньому пункті;
- забезпечувати адекватний обмін повітря для видалення CO<sub>2</sub>.

Тривалість дозрівання може варіюватися в залежності від бажаного ступеня зрілості, сорту бананів і початкового ступеня зрілості під час збору.

#### *Завершення дозрівання*

По закінченні дозрівання бананів, обробка етиленом припиняється, але слід продовжувати підтримувати відповідні умови для завершення процесу дозрівання.

#### *Зниження температури*

Температура в камері повинна бути поступово знижена до приблизно 14 °C - 15 °C, щоб уникнути шокової реакції плодів, що може спричинити пошкодження. Це дозволяє бананам поступово завершити дозрівання в умовах, які сприяють їхньому зберіганню та транспортуванню.

#### *Підтримка відносної вологості*

Відносна вологість повинна підтримуватися на рівні близько 90% - 95%, щоб запобігти висиханню плодів. Це можна досягти за допомогою зрошення підлоги і стін, випарників або атомізаторів.

#### *Вентиляція*

Система циркуляції повітря повинна продовжувати забезпечувати рівномірний розподіл температури та підтримувати обмін повітря для видалення CO<sub>2</sub>, який продовжує вироблятися під час завершення дозрівання.

#### *Оцінка ступеня дозрілості*

Перед вивантаженням бананів з камери для дозрівання слід провести оцінку ступеня їх дозрілості, щоб переконатися, що вони досягли бажаного рівня зрілості для ринку.

### **Дія етилену на банани.**

Вплив етилену

*Використання етилену рекомендовано:*

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- коли банани мають різний ступінь зрілості, або
- коли вони були піддані впливу занадто низької температури під час транспортування або значної дегідратації.

Етилен, введений у камеру для дозрівання, проникає в клітини м'якоті бананів і підвищує концентрацію цього газу до оптимального значення, яке спричиняє початок дозрівання. Це насичення етиленом завершує дію цього газу, який утворюється в клітинах м'якоті бананів природним чином під час преклімактеричної фази.

Етилен не впливає на банани, які вже почали дозрівати. Його роль полягає у запуску та стандартизації початку дозрівання бананів, які знаходяться в одній камері для дозрівання. З економічних причин його використання часто є необхідністю.

#### *Метод використання етилену*

Хімічно чистий етилен може бути введений безпосередньо у камеру для дозрівання у пропорції 1 частина на 1000. Оскільки він є вибухонебезпечним при концентрації 3% у повітрі, краще використовувати суміш азоту та етилену з концентрацією етилену близько 5%, яка не є вибухонебезпечною. Етилен або суміш азоту та етилену постачаються у балонах зі стисненим газом, які повинні бути розміщені поза камерою для дозрівання у добре вентильованому коридорі. Кількість введеного газу повинна контролюватися за допомогою витратоміра, а циркуляція повітря є необхідною для досягнення високого ступеня однорідності атмосфери в камері для дозрівання.

У деяких випадках може знадобитися введення етилену двічі, при нижчій концентрації (1 частина на 4000): перший раз після підігріву бананів протягом 24 годин, і другий раз — коли це здається необхідним — після 48 годин. З певними партіями, фактично, одноразове введення етилену в зазначеній концентрації достатньо для швидкого запуску дозрівання бананів.

Після введення етилену камера повинна залишатися закритою протягом 24 годин.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Температура зберігання бананів після дозрівання**

Температура зберігання бананів після дозрівання повинна бути вибрана відповідно до їх стану.

### *Банани на стадії початку жовтіння*

Банани все ще виділяють певну кількість тепла, оскільки процес дозрівання не завершений, і рекомендується, щоб температура повітря була встановлена на 1°C нижче температури м'якоті, яка повинна становити 13,5°C.

### *Жовті банани*

У цьому випадку температура повітря повинна відповідати температурі м'якоті, тобто 13,5°C або 14°C.

## **Ступінь дозрілості на момент поставки бананів роздрібному продавцю**

Ступінь дозрілості бананів, які постачаються до роздрібної торгівлі, повинен залежати від сезону та температурних умов у роздрібному магазині.

### *Поставка бананів влітку*

Влітку банани повинні постачатися на стадії, коли вони починають жовтіти (див. 8.1), з температурою м'якоті 13-14°C.

### *Поставка бананів у холодну погоду*

У холодну погоду банани повинні постачатися з більш вираженим кольором, ніж влітку (жовті, з зеленими кінцями) і з температурою м'якоті 16°C. Зберігання бананів у місці, де температура занадто висока або занадто низька, зменшує термін їх зберігання і змінює їх органолептичні властивості.

## **Причини дефектного дозрівання бананів.**

У таблиці 4 наведено основні фактори, що спричиняють дефектне дозрівання бананів.

Примітка.

Критерії погіршення стану через холод наступні:

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Желеподібність соку, який перестає виділятися.
- Побуріння ділянок лактозних каналів шкіри при поперечному зрізі плоду.
- Поява коричневих смуг при знятті смужки шкіри в поздовжньому напрямку на одній з зовнішніх сторін банана.

*Залежно від ступеня погіршення:*

- Фрукти, злегка пошкоджені холодом, дозрівають з труднощами і мають блідий колір.
- Плоди, сильно пошкоджені холодом, не дозрівають зовсім або дозрівають з помітними дефектами.

*Таблиця 4. Причини дефектного дозрівання бананів*

Причина	Опис
Занабто повільне дозрівання	<ul style="list-style-type: none"> <li>- банани, пошкоджені холодом (див. примітку);</li> <li>- значна дегідратація бананів до приміщення у камеру дозрівання;</li> <li>- недостатній ступінь розвитку бананів при зборі врожаю;</li> <li>- занадто низька температура у камері дозрівання;</li> <li>- занадто низька відносна вологість у камері дозрівання;</li> <li>- висока температура до транспортування.</li> </ul>
Розвиток гниття	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока температура м'якоті під час дозрівання через неправильне регулювання температури у камері або недостатню вентиляцію з надто високою температурою бананів усередині ящиків;</li> <li>- неправильний фізіологічний стан бананів: чутливість шкіри, стебел і частин бананів до грибкових інфекцій;</li> <li>- пошкодження через грубе поводження;</li> <li>- неправильна протигрибкова обробка після збору врожаю;</li> <li>- недостатня дезінфекція камери дозрівання.</li> </ul>

						Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	

	Примітка: Коли банани схильні до гниття, їх дозрівання має відбуватися швидко.
Замітки	<p>Критерії погіршення стану через холод:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- желеподібність соку, який перестає виділятися;</li> <li>- побуріння ділянок лактозних каналів шкіри при поперечному зрізі плоду;</li> <li>- поява коричневих смуг при знятті смужки шкіри у поздовжньому напрямку на одній з зовнішніх сторін банана.</li> </ul> <p>В залежності від ступеня погіршення:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фрукти, злегка пошкоджені холодом, дозрівають з труднощами і мають блідий колір;</li> <li>- плоди, сильно пошкоджені холодом, не дозрівають зовсім або дозрівають з помітними дефектами.</li> </ul>

## 1.5. Вплив газового контролю під час зберігання у регульованому середовищі

### Збереження атмосфери за допомогою поглинача етилену

Етилен є ключовим регулятором дозрівання плодів і старіння рослин. Важливо контролювати синтез ендogenous етилену в продукті та забезпечувати його видалення з навколишнього середовища під час зберігання. Існують дві регулюючі системи для виробництва етилену в клімактеричних плодах: система I відповідає за низькошвидкісний синтез етилену перед клімактеричним періодом, а основна система II відповідає за самокаталізоване виробництво етилену під час клімактеричного періоду. Деякі фрукти можуть синтезувати етилен за короткий час; рівень етилену може бути підвищений на кілька порядків порівняно з рівнем Системи I. Синтез етилену в обох системах відбувається шляхом метіоніну.

										Арк.
										28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9					

Поглиначі етилену використовуються для збереження продуктів і рослин шляхом інгібування, поглинання або окислення. Інгібітор 1-метилциклопропен (1-МСП), абсорбуючий цеоліт та каталітичні окислювачі  $\text{KMnO}_4$ , озон та  $\text{TiO}_2$  є прикладами кожного типу відповідно. 1-МСП зазвичай використовується як ендогенний інгібітор етилену, блокуючи гормональні ефекти етилену, конкуруючи з етиленовими рецепторами. Оливки, піддані впливу високих концентрацій етилену, відчувають зміну твердості від твердих до м'яких; інгібітори етилену (наприклад, 1-МСП або нітрат срібла) добре полегшують цей ефект. Цеоліт широко відомий як перспективний енергозберігаючий та екологічно чистий засіб. Також було продемонстровано чудову каталітичну деградацію етилену у видимому світлі під дією  $\text{TiO}_2$ . З'єднання поглиначів етилену з використанням цеоліту з фотокаталітичним окислювачем подовжує термін зберігання фруктів.

В останні роки з'явилося багато повідомлень про поєднання інгібіторів етилену з іншими методами, наприклад, використанням 1-МСП з атмосферним зберіганням для плодів. Термін зберігання груш Ялі може бути продовжений до 210 днів за допомогою комбінації 1-МСП та MAP. Якість груш можна добре підтримувати після обробки 1-МСП з подальшим зберіганням СА. Дослідження показали, що обробка 1-МСП та підвищений вміст  $\text{O}_2/\text{CO}_2$  значно пригнічують потемніння та знижують швидкість гниття виноградних ягід.

Крім того, поглиначі/інгібітори етилену з такими каталізаторами, як цеоліт,  $\text{TiO}_2$  та перехідні метали, отримали широке застосування і виявилися практичними, оскільки вони сприяють окисненню етилену *in situ*, не викликаючи подальшого забруднення. Таким чином, поєднання зберігання в атмосфері з інгібіторами етилену може підтримувати якість плодів і є перспективним для пакування під час транспортування.

Хоча 1-МСП є ефективним, недорогим варіантом і розроблений так, щоб бути нешкідливим і без залишкових проблем, він все одно може викликати певні проблеми під час зберігання фруктів. Інгібітори етилену блокують

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передачу сигналу, індуковану етиленом, пригнічуючи утворення комплексів етилен-рецептор. За умови, що інгібітор етилену вноситься до ендogenousного виробництва етилену в рослині, він попереджувально зв'язується з рецепторами етилену і, отже, матиме значний вплив на контроль дозрівання та старіння клімактеричного плоду, значно подовжуючи плоди. термін зберігання та термін придатності. Однак обробка інгібіторами етилену практично не впливає на дозрівання плодів, які увійшли в перехідний період. Крім того, обробка інгібіторами етилену не має істотного впливу на фізіологічні зміни після збору врожаю, які відбуваються під час зберігання неклімактичних плодів, а іноді навіть сприяє виробленню етилену, що призводить до загнивання. Етиленові абсорбенти, такі як активоване вугілля або цеоліт, необхідно замінити після досягнення їхньої абсорбуючої здатності (насичення). Довговічність, ефективність та утилізація відходів залишаються проблемами для поглиначів етилену. На щастя, нові ефективні та екологічно чисті технології, засновані на каталітичному окисненні етилену (наприклад, фотокаталіз, індукований металевими каталізаторами), забезпечують вирішення цих проблем. Збереження атмосфери за допомогою поглиначів етилену є перспективним для комерційного застосування для більшості садівничих та свіжозрізаних продуктів порівняно з традиційними хімічними консервантами.

### **Зберігання у регульованому середовищі за допомогою обробки озоном.**

Застосування нетеплових технологій, таких як газ озон (O<sub>3</sub>), для зберігання атмосфери привертає велику увагу в харчовій промисловості. O<sub>3</sub> — неорганічна молекула трикисню з різким запахом і утворюється з атмосферного O<sub>2</sub> під дією електричного розряду. O<sub>3</sub> є сильним окислювачем і, отже, має хороші дезінфекційні та стерилізаційні властивості. Основними функціями O<sub>3</sub> для зберігання в атмосфері є (а) блокування виробництва етилену, таким чином пригнічуючи зміни в продуктах і рослинах після збору

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

врожаю; (b) діяти як бактерицид і запобігати появі цвілі та гнилі; і (c) зменшити транспірацію та втрату ваги внаслідок зневоднення шляхом закриття продихів.

Завдяки високій стабільності на повітрі газоподібний  $O_3$  широко використовується в сховищах для овочів і рослин. Оскільки європейські регуляторні установи класифікували  $O_3$  як «Загальноновизнаний як безпечний (GRAS)», існує широкий спектр його застосування.  $O_3$ , як правило, поєднується з холодильним зберіганням або збереженням атмосфери. Наслідки поєднання MAP з газоподібним

Досліджено попередню обробку  $O_3$  для полуниці, малини та чорниці під час холодного зберігання. Було підтверджено значне зниження кількості дріжджів та інших грибів у порівнянні зі зразками, що зберігалися на повітрі або з MAP без будь-якої попередньої обробки, і попередня обробка  $O_3$  не вплинула на якість ягід.

Переваги обробки  $O_3$  полягають у тому, що вона не залишає слідів і проста в експлуатації.  $O_3$  можна додавати в атмосферу зберігання постійно або періодично. Наприклад, обробка  $O_3$  зараз поширена для зберігання цитрусових у Каліфорнії, щоб запобігти утворенню конідій на гниючих фруктах, інфікованих *Penicillium digitatum* або *Penicillium italicum*, і було показано, що значно зменшує поширення сірої плісняви у винограді та інших ягодах.  $O_3$  ефективно знищує багато шкідливих мікроорганізмів на винограді та інших фруктах, не залишаючи хімічних залишків. Оскільки  $O_3$  є недорогим антибактеріальним інгредієнтом, фумігація з ним може контролювати патогенні гриби після збору врожаю на товарах, які переносять цей газ та  $O_3$  також можна використовувати для дезінфекції обладнання для обробки газу та сховищ під час очищення.

Концентрація  $O_3$  має вирішальне значення для ефективності газу. Було показано, що низькі концентрації  $O_3$  не запобігають вірулентності конідій *Botrytis cinerea*. Звіти про інші мікроорганізми вказують на те, що для знищення спороутворюючих мікроорганізмів можуть знадобитися дуже

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

високі дози  $O_3$ . Для отримання відносно чистого  $O_3$  важливо використовувати дуже сухе повітря, переважно кисень, як вихідний газ, що надходить у генератор коронного розряду, оскільки інші оксиди (особливо оксид азоту) можуть утворюватися та викликати забруднення. Крім того, RH пов'язаний з бактерицидною дією  $O_3$ . Коли RH <45 %, дезінфекційна активність низькоконцентрованого  $O_3$  є незначною.  $O_3$  може швидше вбивати мікроорганізми у вологій атмосфері.

$O_3$  може значно подовжити час зберігання продуктів і рослин і покращити можливості їх експорту. Крім того,  $O_3$  також можна використовувати для стерилізації при чистій переробці овочів. Вода з низькою концентрацією озону стерилізується швидко та ефективно без вторинного забруднення порівняно з гіпохлоритним методом, який зараз використовується для стерилізації овочів.

### **Збереження атмосфери при надзвичайно зміненій концентрації газу (Н- $CO_2$ та Н- $O_2$ )**

Старіння фруктів та овочів, по суті, пов'язане з високим рівнем дихання та низьким енергетичним статусом. Вважалося, що високі концентрації  $CO_2$  та  $O_2$  є несприятливими для зберігання фруктів та овочів, тому вони рідко використовуються для збереження атмосфери. Однак деякі звіти показали несподівано хороші результати. Зазвичай загальний відсоток двох газів у газах з подвійним рівнем становить не більше 21% від загального складу газу, тоді як в атмосферах з надзвичайно високими рівнями  $CO_2$  або  $O_2$  (Н- $CO_2$  та Н- $O_2$ , відповідно), це значення часто значно перевищено. У одногазовій атмосфері використовується лише один із цих двох газів, а вміст іншого дорівнює нулю. Повідомлені значення в атмосферах Н- $CO_2$  і Н- $O_2$  становили 80 кПа  $O_2$  + 20 кПа  $CO_2$  або 50%  $O_2$  + 50%  $CO_2$ . У порівнянні зі зберіганням на повітрі, комбінація рівнів Н- $CO_2$  і Н- $O_2$  (80 кПа  $O_2$  + 20 кПа  $CO_2$  і 90 кПа  $O_2$  + 10 кПа  $CO_2$ ) ефективно пригнічує ріст мікробів і підтримує поживні речовини в ожині. Вплив 50% або 90%  $O_2$  значно зменшує потемніння

						КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
							32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

свіжозрізаного салату та запах, викликаний гіпоксією. Н-О<sub>2</sub> ефективно зменшує втрату ваги свіжозрізаних фруктів під час зберігання, зменшує втрату твердості та загальної кількості розчинних твердих речовин, зменшує зниження вмісту аскорбінової кислоти та смаку, пригнічує активність пероксидази та затримує плинність води. Крім того, концентрації газу Н-СО<sub>2</sub> та Н-О<sub>2</sub> навіть застосовувалися для зберігання продуктів тваринного походження в атмосфері через їх антибактеріальну дію. Застосування Н-СО<sub>2</sub> і Н-О<sub>2</sub> в атмосферних сховищах варто розглянути для різноманітних продуктів.

Н-СО<sub>2</sub> і Н-О<sub>2</sub> пригнічують дихання фруктів та овочів через високі концентрації газів (що призводить до подовження терміну придатності) і водночас забезпечує якість завдяки своєму антибактеріальному ефекту. При консервації МА коригування газового співвідношення для збільшення ефекту консервації не вимагає додаткових витрат. Однак для точного контролю концентрації газу може знадобитися допомога інших технологій, таких як технологія імпульсного СА (рСА). Однак використання газів високої концентрації не завжди має позитивний ефект. При зберіганні в СА, особливо коли рівень СО<sub>2</sub> вище 25 кПа, манго зазвичай страждає від фізіологічних розладів. Сорт манго «Томмі Аткинс» виробляв більше етанолу при зберіганні в СА, що містить 50 кПа і 70 кПа СО<sub>2</sub>, і частота дихання збільшувалася, коли рівень СО<sub>2</sub> був вище 45 кПа. На виробництво летких сполук, які виробляють аромат манго, також впливає рівень СО<sub>2</sub> (>6 кПа). Також було досліджено вплив чистого кисню (100% О<sub>2</sub>) на якість і ріст мікробів у свіжозрізаних ананасах. Незважаючи на те, що зростання мікробів було пригнічено, кількість аеробних бактерій, дріжджів і плісняви в скибочках ананаса, упакованих з чистим О<sub>2</sub>, була вищою, ніж кількість у тих, упакованих з низьким вмістом О<sub>2</sub> під час тривалого зберігання; використання MAP з низьким вмістом О<sub>2</sub> (4% О<sub>2</sub> + 5% СО<sub>2</sub>) може підтримувати якість свіжозрізаного ананаса краще, ніж упаковка чистого О<sub>2</sub>. Тому необхідні подальші дослідження для визначення діапазону висококонцентрованого газу, що дозволяє досягти бажаного результату.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## **Зберігання в регульованому середовищі з технологією високого тиску або декомпресії**

Високий тиск при низьких температурах пригнічує ріст мікробів і активність ферментів, тим самим значно подовжуючи термін зберігання свіжих продуктів, таких як риба або м'ясо. Крім того, підвищений тиск знижує температуру замерзання води, що дозволяє зберігати при температурі нижче 0 °С без замерзання. Таким чином, можна уникнути пошкодження продукту через утворення кристалів льоду, а також істотну економію енергії, оскільки немає необхідності відводити приховане тепло. Однак існує дуже мало застосувань фруктів та овочів під високим тиском. Полуничний сік витримували протягом 15 днів при різних рівнях тиску (0,1, 25, 100 і 220 МПа) при 20 °С і порівнювали з оригінальним зразком, який зберігався при атмосферному тиску при 5 °С. Зберігання під високим тиском зменшило початкове мікробне навантаження соку більш ніж на дві логарифмічні одиниці, а в'язкість і колір краще підтримувалися.

Декомпресія також відома як зберігання під низьким тиском. При цьому методі консервації частина газу в сховищі видаляється вакуумним насосом, так що вміст O<sub>2</sub> знижується нижче мінімально необхідного для дихання. Виробництво етилену також пригнічується, що створює хороші умови для зберігання. На відміну від методів регулювання газу, згаданих вище, декомпресія не може змінити склад газу, а лише об'єм або щільність. Тому методи декомпресії створюють середовище з низьким вмістом O<sub>2</sub> (L-O<sub>2</sub>) не за рахунок зниження концентрації O<sub>2</sub>, а за рахунок зменшення щільності газу. Контролюючи рівень вакууму в камері зберігання, можна отримати різні середовища L-O<sub>2</sub>. Під час експериментів зі збереженням свіжості на салаті айсберг використовувався відкалібрований клапан випуску повітря для ретельного регулювання тиску в камері для досягнення кінцевого значення 600 Па. Під час зберігання зниженого тиску безперервна перекачування та надходження свіжого повітря вентилює етилен та інші леткі метаболіти, що

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюються в результаті фізіологічного метаболізму, уникаючи фізіологічного пошкодження, викликаного цими речовинами.

Декомпресія також має ефект вакуумного охолодження, що допомагає не тільки зменшити дихальне тепло, але й підтримувати низькотемпературні умови зберігання. Процес «вакуумного охолодження МА» (MAVC) був розроблений шляхом інтеграції технології вакуумного охолодження та кондиціонування повітря. За допомогою MAVC квітуха капуста охолоджується у вакуумі до заданої температури 4 °С, а кінцевий тиск встановлюється на 600 Па на стадії відновлення тиску, після чого використовується специфічна суміш кисню, вуглекислого газу та азоту. замінити повітря у вакуумній камері для досягнення одночасного охолодження та регулювання атмосфери в одному обладнанні. Знижений тиск дозволяє краще відводити тепло та водообмін між листям, тим самим покращуючи якість продукту та подовжуючи термін зберігання.

Кабачки (*Cucurbita pepo* var. *cylindrica*) зберігалися при низькому тиску (4 кПа) при 10 °С і 100% відносної вологості протягом 11 днів, що призвело до зниження потемніння кінців стебла на 50% порівняно з фруктами, які зберігалися при атмосферному тиску (101 кПа) при 10 °С. Зазвичай високий або низький тиск або декомпресія розглядаються як ненормальні або несприятливі умови для фруктів, які можуть призвести до фізичного пошкодження. Застосування цих методів було обмежене через вищезгадані проблеми економічної, технічної та структурної цілісності.

### **1.6 Упаковка з модифікованою атмосферою**

Упаковка повинна бути розроблена відповідно до маркетингових і дистрибуційних потреб продукту. Хоч ми вже підіймали цю тему, але слід її розглянути більш детально.

Упаковка виконувати наступне: захищати продукт від механічних пошкоджень, уникати втрати вологи та змінювати внутрішню атмосферу, щоб продовжити термін зберігання. Фізичні травми (забиття від вібрації та

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стиснення або пошкодження від стирання) можна зменшити за допомогою правильної конструкції упаковки, яка діє як амортизатор. Упаковки також повинні дозволяти продукту швидко досягти оптимальної температури зберігання.

MAP – це технологія, яка змінює атмосферу всередині упаковки відповідно до взаємодії між швидкістю дихання продукту та перенесенням газів через упаковку. Дифузія через пакет залежить від характеристик плівки (проникність, площа і товщина) і температури навколишнього середовища. Коли технологія пакування адаптована до швидкості дихання продукту, в упаковці може бути встановлена рівноважна модифікована атмосфера (ЕМА), що призведе до зниження частоти дихання та метаболічних процесів, а разом з цим і збільшення терміну зберігання продукту. Найбільш використовуваними газами в MAP є кисень, вуглекислий газ та азот. Як згадувалося раніше, в той час як кисень споживається протягом терміну зберігання, вуглекислий газ утворюється під час дихання. Цей процес, а також обмін з навколишнім середовищем, допоможе досягти ЕМА.

Системи упаковки затримують старіння, зменшуючи частоту дихання, метаболічну активність і ріст мікробів. Існує два типи MAP, засновані на швидкостях передачі газів: пасивний і активний. Перший використовує природну проникність і товщину пакувальної плівки, щоб створити бажану атмосферу для продукту в результаті його дихання. Незважаючи на обіцянку MAP, він ще не використовується повсюдно в харчовій промисловості з наступних причин: вартість технології пакування обладнання та матеріалів, аналітичне обладнання, необхідне для забезпечення правильної газової суміші, а також той факт, що деякі Переваги MAP втрачаються після відкриття упаковки або витоків. Найбільш поширеними полімерами є поліамід (РА), поліпропілен (PP, орієнтований чи ні), поліетилен (PE), поліетилен низької щільності (LDPE), лінійний поліетилен низької щільності (LLDPE), полістирол (PS), поліестер (PES), поліетилентерефталат (PET), етиленвініловий спирт (EVOH) і полівінілхлорид (ПВХ).

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія була успішно застосована до цільних і свіжорізаних продуктів, таких як артишоки, салат і полуниця. Для того щоб продукт створював оптимальну атмосферу, пакувальний матеріал повинен бути проникним. Ці пакувальні плівки можуть бути мікроперфоровані, щоб забезпечити газообмін між внутрішньою та зовнішньою сторонами упаковки. Упаковка Xtend® (Johnson Matthey, Великобританія) допомагає врівноважити атмосферу упакованої продукції в оптимальному діапазоні кисню та вуглекислого газу для певного фрукта або овочів. Він також здатний утримувати вологу всередині упаковки, зменшуючи втрату ваги під час зберігання. Іншим прикладом є PerfoTec® (PerfoTec BV, Нідерланди). Визначається проникність плівки для конкретного продукту, і лазерна система PerfoTec® виконує необхідні мікроперфорації.

Тепер доступні нові структурні полімери, щоб покращити пакувальні матеріали до біологічно-розкладних, не нафтопродуктивних пакувальних матеріалів, таких як полімолочна кислота (PLA; наприклад, NATIVIA®, OAE), виготовлені з кукурудзи або інших джерел крохмалю або цукру, полілактидний аліфатичний сополімер (CPLA) та полімери, отримані з високої частки перероблених пластмас. На даний момент ці нові матеріали мають обмеження щодо їх вартості та технічних характеристик. MAP сильно залежить від дихання і температури. Щоб подолати це, мембрани, такі як BreatheWay®, містять термочутливі кристалічні полімери, які забезпечують високу швидкість передачі газу при високих температурах.

Однією з актуальних проблем MAP є контроль швидкості транспірації (TR) у сховищах свіжих продуктів. TR пов'язаний з процесом масопереносу від продукту, що зберігається в навколишню атмосферу, і на нього впливають фактори свіжої продукції, такі як стадія зрілості, і фактори навколишнього середовища, такі як градієнт дефіциту тиску водяної пари. Втрата води після збору врожаю призводить до втрати ваги та зниження якості продукції, тоді як накопичення води на поверхні продукту сприятиме зростанню мікроорганізмів псування. Нині макроперфорації використовуються для

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшення впливу цієї проблеми, але їх наявність унеможливорює створення модифікованої атмосфери.

Ріст мікробів у пакеті є однією з проблем для MAP. Нанотехнології можуть покращити функціональність упаковки, додавши антимикробні, структурні та бар'єрні властивості. Ця технологія також може покращити механічні властивості плівок і зменшити швидкість передачі кисню. Інші гази також збагатили MAP: гелій, аргон, ксенон і закис азоту (N<sub>2</sub>O). Повідомляється також, що вони знижують ріст мікробів і підтримують якість, але поки не мають широкого комерційного використання.

Активний MAP заснований на зміні газів всередині пакета для досягнення ідеальної газової рівноваги раніше, ніж пасивний MAP. Використовувані методики включають промивання попередньо встановлених газових сумішей в пакет; впровадження поглиначів газу, таких як поглиначі кисню та вуглекислого газу, поглиначі вологи та етиленові скрубери; і вставлення випромінювачів газу, таких як випромінювачі вуглекислого газу. У разі промивних газових сумішей доведено, що високі початкові концентрації кисню (вище 70 кПа) мають антимикробну дію на аеробні та анаеробні мікроорганізми. Це також ефективно допомагає пригнічувати ферментативне потемніння і уникати втрати пружності. Однак робота в середовищі з високим вмістом кисню несе ризик пожежі. Висока концентрація вуглекислого газу пригнічує декілька ферментів циклу Кребса, уповільнюючи процеси дозрівання та розпаду. Однак їх ефективність буде залежати від сорту, стадії зрілості та умов зберігання. Що стосується активних вставок, то поглиначі кисню традиційно створюються на основі металевого порошку (зазвичай заліза, карбонату заліза або металевої платини), аскорбінової кислоти та ферментів (глюкозооксидази та алкогольоксидази).

Активні вставки визначаються відповідно до їх реакції поглинання (наприклад, опосередковане ферментом окислення та швидкість окислення) та їхньої здатності поглинання (вилучено мілілітри кисню). Вони можуть знижувати концентрацію кисню в герметичних упаковках, уповільнюючи

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руйнування, викликане окисленням. В даний час досліджується використання сульфідів, таких як сульфід калію, і природних антиоксидантів, включаючи токоферолі, лецитин, органічні кислоти та рослинні екстракти, щоб зменшити окислення свіжих продуктів і уповільнити денатурацію білків. В даний час їх застосовують для виготовлення хліба, горіхів, цукерок і кондитерських виробів, кави і чаю, а також обробленого, копченого і в'яленого м'яса, зокрема, для покращення умов зберігання. Зазвичай ці поглиначі призначені для видалення кисню із герметичної харчової упаковки та не напівпроникної упаковки свіжих продуктів ЕМА. Потрібні додаткові дослідження, оскільки існуючі формати поглиначів кисню, як правило, громіздкі та не підходять для умов зберігання свіжих продуктів.

Поглиначі вуглекислого газу (хімічні поглиначі, такі як гідроксид кальцію, карбонат натрію, оксид кальцію; фізичні поглиначі, такі як цеоліт і активоване вугілля) можуть так само сповільнити старіння та зменшити потемніння та розпад цвілі. Це особливо цікаво для клімактеричних продуктів, які виробляють високі концентрації вуглекислого газу, що впливає на їх органолептичні характеристики.

Інший варіант – видалення етилену з упаковки. Етиленові скрубери, такі як гранули перманганату калію (Ryan Co, США) і смужки з мінеральним покриттям (Fresh, Великобританія), можуть уповільнити старіння і зменшити гниття, нейтралізуючи дію рослинного гормону. Випромінювачі вуглекислого газу збільшують концентрацію вуглекислого газу в упаковці, допомагаючи досягти оптимальної газової суміші для кожного продукту.

Останній тренд, відомий як «розумна» або «розумна» упаковка, полягає в тому, щоб укомплектовувати упаковку датчиками, здатними контролювати якість, мікробіологічний ріст або температуру вздовж ланцюга поставок. Інтелектуальні компоненти упаковки включають датчики радіочастотної ідентифікації, індикатори часу-температури та стиглості (наприклад, ripeSense®, Нова Зеландія) та біосенсори. Також розробляються датчики вуглекислого газу та кисню для моніторингу якості продукції в режимі

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реального часу. Доступні деякі недорогі інтелектуальні варіанти упаковки для надання візуальної інформації про свіжість: флуоресцентні барвники або іони молібдену. Вони можуть інформувати не тільки про якість їжі, а й про безпеку харчових продуктів.

На поверхні плодів можна створити фізичні бар'єри, які забезпечують захист від втрати вологи та можуть допомогти контролювати концентрацію кисню та вуглекислого газу, подібно до MAP, оскільки вони здатні змінювати внутрішню атмосферу продукту. Ця техніка відома як їстівне покриття. Ідеальне їстівне покриття повинно бути здатним продовжити термін зберігання, не викликаючи анаебіозу, і зменшити розпад і втрату води, діючи також як антимікробні агенти. Розвиток цієї техніки почався з нанесення воскових покриттів на фрукти методами занурення. Матеріал, який використовується для їх створення, загалом слід вважати безпечним (GRAS) і з часом розвивався. Згідно з Арванітояннісом і Горрісом, їстівне покриття повинно: бути водостійким і повністю покривати продукт при нанесенні, знижувати проникність водяної пари, створювати оптимальну атмосферу, покращувати зовнішній вигляд продукту, плавитися при температурі понад 40°C без розкладання, висихати з високою ефективністю. експлуатаційні якості, мають низьку в'язкість, легко емульгуються, економічні, напівпрозорі та не впливають на якість продукції. Композиція їстівних покриттів вдосконалюється, щоб бути заснованою на природних сполуках. Деякі з останніх прикладів: гель алое вера, їстівні покриття на основі альгінату, шелак або фіброїн шовку.

На комерційному рівні AgriCoat NatureSeal Ltd, Великобританія, надає їстівне покриття на основі ефіру сахарози для цілих фруктів, головним чином дині (Semperfresh®, Великобританія) і свіжозрізаних продуктів (NatureSeal®, Великобританія), які не містять сульфітів (GRAS). і уповільнення ефекту дозрівання. Їстівні покриття здатні продовжити термін зберігання швидкопсувних продуктів, зберегти первинний зовнішній вигляд, включаючи колір і блиск, а також уповільнити гниття. Правильна формула не повинна

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливати на смак або зовнішній вигляд. Для підтримки безпеки всередині упаковки можна використовувати такі розчини, як натуральні протимікробні речовини, такі як кориця або ванілін, і ефірні масла, як у їстівному покритті, так і окремо. Плівки також можуть бути покриті інгібіторами, такими як діоксид титану (TiO<sub>2</sub>), який здатний інактивувати патогени, такі як *Escherichia coli*. Ці варіанти упаковки необхідні, щоб задовольнити попит споживачів на готові до вживання фрукти та овочі. Промисловість свіжорізаної продукції має зіткнутися не тільки з фізіологічними проблемами, які призводять до дозрівання та старіння свіжих продуктів, але й із ймовірним зростанням мікробів, викликаним впливом тканин на навколишнє середовище. Механічне поранення через мінімальну обробку пошкоджує клітини, завдяки чому патогенам стає легше забруднювати продукт, а ферменти каталізують небажані процеси, такі як потемніння. Отже, застосування правильного середовища газової суміші, їстівних покриттів та природних антимікробних засобів є критичним у цьому випадку.

Інші технології після збирання врожаю можуть доповнити MAP. Для контролю мікробного росту можна застосовувати неіонізуючий, бактерицидний і штучний ультрафіолетовий С (UV-C) світло. Деякі дослідження показують підвищення рівня біоактивних сполук при використанні цієї техніки. Після обробки УФ-С у фруктах чи овочах не залишається залишків, що є перевагою у задоволенні нових вимог споживачів. Перспективною технікою для підвищення безпеки харчових продуктів є технологія холодної плазми (Департамент первинної промисловості Нового Южного Південного Уэльса, Австралія). Він створюється шляхом застосування електричного струму до звичайного повітря або газу для утворення реакційноздатних газоподібних форм з протимікробною активністю. Він не містить хімікатів, а отже, і залишків.

**Зберігання в ругульованому середовищі за допомогою активної упаковки.**

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Атмосферна плівкова упаковка в пакетах використовує дихання упакованих продуктів і овочів, завдяки чому концентрація CO<sub>2</sub> збільшується, а концентрація O<sub>2</sub> зменшується. Коли газова суміш у мішку зустрічається або наближається до газового складу, придатного для зберігання, МА може реалізуватися спонтанно. Бажаних умов можна досягти, використовуючи низьку повітро- і вологопроникність пакувальної плівки. Для пакувального матеріалу в основному використовується поліетиленова плівка. В останні роки з'явилися нові великі подушки безпеки, виготовлені зі спеціальних дихаючих матеріалів і активних інгредієнтів. Упаковка активних інгредієнтів означає додавання різних газоабсорбентів та звільняючих агентів до пакувального пакета для видалення надлишку CO<sub>2</sub>, етилену та вологи та забезпечення своєчасного поповнення O<sub>2</sub>, щоб пакувальний пакет підтримував відповідне газове середовище для збереження свіжо нарізаного овочі. Щоб забезпечити безпеку харчових продуктів і запобігти випадковому споживанню зіпсованої їжі споживачами, розроблено нові індикатори псування харчових продуктів на упаковці. У сукупності ці технології називаються «АР».

АР не має значного впливу на хімічні властивості фруктів та овочів, такі як рН, антиоксидантна активність та загальний вміст каротиноїдів. У упаковці СА або МА з двовісно орієнтованою поліпропіленовою або литою поліпропіленовою плівкою абрикоси можна зберігати протягом 28 днів із збереженням їх початкової якості. Запропоновано АП у поєднанні з виявленням мікроорганізмів всередині та зовні упаковки за допомогою електричних датчиків, запису та сигналізації (наприклад, радіочастотної ідентифікації (RFID) та інших методів). Загалом, АР є ефективним методом пакування, який знижує ризики безпеки харчових продуктів і підтримує якість їжі. АР може включати використання різних хімічних речовин для забезпечення безпеки харчових продуктів під час зберігання. У АП використовуються звичайні розкислювачі та антибактеріальні засоби, такі як низин, хітозан та інші активні речовини. Незважаючи на те, що АР пропонує багато переваг, існує ризик того, що хімічні речовини для пакування можуть

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднити їжу під час тривалого зберігання, тим самим загрожуючи здоров'ю людей. Основним технічним завданням є збереження стабільності пакувальних матеріалів з їх оригінальними механічними та бар'єрними властивостями навіть після додавання активних матеріалів. Тому для вирішення актуальних проблем необхідна розробка нових матеріалів АП.

## **1.7. Застосування інноваційних технологій зберігання в регульованому середовищі**

### **Застосування високовольтного електростатичного поля (HVEF) для збереження атмосфери**

HVEF – це технологія нетермічної обробки, яка не залишає залишкових хімічних речовин і яка була застосована для продовження терміну зберігання свіжозрізаних овочів. Електричні поля генерують озон і впливають на проникність клітинних мембран і активність ферментів, таким чином пригнічуючи ріст мікроорганізмів і подовжуючи термін зберігання сільськогосподарської продукції. Комбінація HVEF і MAP подовжила термін зберігання свіжозрізаної капусти (інтенсивність HVEF 6000) до 60 днів і подовжила термін зберігання дрібної кукурудзи (HVEF інтенсивність 4500) до 48 днів. Оскільки струм, необхідний для створення електричного поля, дуже малий, висока напруга, необхідна для техніки, може підтримуватися протягом тривалого часу, коли споживається низька енергія. Крім того, HVEF є простим фізичним процесом, який не залишає хімічних залишків і не призводить до вторинного забруднення навколишнього середовища. Однак технологія HVEF має певний ступінь ризику в експлуатації. Операторам потрібні знання фізики та електрики та вміння себе захистити. HVEF також вимагає середовища з високою вологістю, але якщо вологість занадто висока, електричне поле може розрядитися через повітря, викликаючи коротке замикання електричного поля та зупиняючи роботу. Тому вологість навколишнього середовища (зазвичай >

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

70%) необхідно контролювати. Загалом, цей метод може забезпечити кращі стратегії збереження фруктів і рослин для промислового застосування.

Хоча технологія HVEF є дорогою, її використовують у розвинених країнах для обробки м'яса та соку, які потребують охолодження. Ефект HVEF у поєднанні з MAP для F&V ще недостатньо вивчений, але очікуються подальші дослідження властивостей та сенсорної якості продукту.

### **Застосування плазмової обробки (РТ) для збереження атмосфери**

Плазма — це іонізований газ, що складається із заряджених частинок, електричних полів, ультрафіолетових фотонів та активних речовин, які вважаються ефективними для інактивації мікроорганізмів і, отже, забезпечення безпеки харчових продуктів. ФТ викликає дві основні реакції, які призводять до загибелі клітини: (1) активні речовини, що утворюються під час генерації плазми, викликають травлення поверхні клітини, і (2) випаровування сполук і внутрішня десорбція ультрафіолетових (УФ) фотонів викликають пошкодження генів. РТ використовується для стерилізації медичних виробів та для обробки поверхні матеріалів. Плазму можна розділити на дві категорії, а саме низькотемпературну плазму (НТП) і теплову плазму. Різні дослідники використовували різні терміни для ЛТР, включаючи атмосферну холодну плазму (АСР), нетеплову плазму, плазму атмосферного тиску або просто холодну плазму (СР). ПТ зазвичай проводять у вакуумному середовищі, але останнім часом з'являються атмосферні плазмові системи для промислового застосування, які знижують витрати та підвищують швидкість обробки.

АСР відноситься до нерівноважної плазми, що утворюється при температурі та тиску навколишнього середовища або близьких до неї. АСР включає активні форми кисню, включаючи вільні електрони, вільні радикали, позитивні та негативні іони, але частота зіткнень газового розряду нижча, ніж у рівноважній плазмі. Речовини СР пошкоджують клітинні мембрани, тим самим інактивує мікроорганізми. РТ є відносно новою технологією в порівнянні зі звичайною термічною обробкою в харчовій промисловості. ФТ

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може ефективно інактивувати мікроорганізми, включаючи біоплівки, бактерії, їх спори та гриби. Тому АСР можна застосовувати для стерилізації термочутливих свіжих продуктів, щоб продовжити термін їх зберігання. Комбінація АСР і МАР може ефективно пригнічувати ріст мікроорганізмів на цитрусових, щоб продовжити термін їх зберігання (Таблиця 1). Втрату ваги та загальної кількості розчинних твердих речовин під час зберігання помідорів черрі можна ефективно запобігти комбінацією МАР та АСР. АСР значно посилив антибактеріальний ефект під час збереження атмосфери.

РТ має багато переваг для харчової промисловості; має сильну протимікробну дію, не завдає шкоди їжі, не потребує води чи розчинників і не залишає слідів. Навпаки, через обмежене проникнення плазмових речовин стерилізація не є повною, що перешкоджає застосуванню ФТ в лабораторних масштабах. Було мало досліджень щодо сенсорного сприйняття продуктів, оброблених РТ, або щодо виробництва небажаних ароматів. Необхідні подальші дослідження, щоб оцінити доцільність практичного застосування РТ, особливо АСР, у збереженні МА.

### **Зберігання за допомогою технології динамічної контрольованої атмосфери (DCA).**

Технологія динамічної контрольованої атмосфери (DCA), в якій умови зберігання змінюються з часом, привертає велику увагу, оскільки фрукти та овочі сприйнятливі до газу під час тривалого зберігання в статичній контрольованій атмосфері. Склад газу для зберігання регулярно коригується біосенсорами, а саме флуоресценцією хлорофілу (DCA-CF), дихальним коефіцієнтом (DCA-RQ) та етанолом (DCA-ET). Зберігання з імпульсною контрольованою атмосферою (pCA) — це напівдинамічний режим контрольованої атмосфери, в якому частка газу в середовищі зберігання періодично скидається і калібрується з інтервалом кожні сім днів. Технологія pCA, застосована для МАР, подовжила термін зберігання яблук до 90 днів (табл. 1.3). Оскільки частку газу в атмосфері сховища можна контролювати та

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

регулювати в режимі реального часу, можна уникнути пошкодження фруктів та овочів, які є чутливими до надзвичайно високого або низького вмісту O<sub>2</sub> та CO<sub>2</sub>. Хоча очікувана продуктивність DCA є багатообіцяючою, але її широке застосування все ще обмежене через такі проблеми, як висока вартість і труднощі контролю для коригування змінної фізіології плодів у режимі реального часу.

### **1.8. Створення контрольованого газового середовища в камерах зберігання бананів.**

#### *Електричний ящик для кімнати дозрівання*

Електричний ящик для кімнати розташований біля дверей на передній стороні кімнати та містить: головний вимикач; три SMD електричні плати комп'ютеризованої системи керування; два вимикачі дверей; вимикачі вентиляторів депресії; теплові реле вентиляторів депресії; запобіжники, розділені для кожної силової лінії. І являються дуже складним і налагодженим контролем.

Зберігання бананів можливо в контрольованій атмосфері (КА) з наднизьким вмістом кисню. Від якості продукту, а також від кліматичних умов, ґрунту, часу збору врожаю, догляду за продуктом, залежить термін його зберігання.

Нижче представлені деякі з цитрусових, які можуть довго зберігатися: апельсин, грейпфрут, лимон, лайм, мандарин.

Зберігання можливо в промислових холодильних камерах.

Необхідна для цього обладнання: генератор азоту, адсорбер CO<sub>2</sub>, конвертер етилену, устаткування для вимірювання газу.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.3 Генератор азоту

Добір генератору азоту.

Генератор отримує азот з повітря, і той поступає в напірний резервуар. По трубопроводу азот надходить до окремих коробки і, коли необхідно знизити рівень кисню в камері схову, автоматично включається по сигналу.

Генератори виробляють азот з чистотою від 95% до 99% методом молекулярного поділу стисненого повітря за допомогою гвинтового компресора.

Вони використовуються для швидкого зниження рівня кисню в камерах зберігання, одночасно уникаючи формування CO<sub>2</sub> і для встановлення нормальних умов зберігання (навіть ULO) у відкритих камерах для часткового продажу продуктів.

Генератори азоту використовуються в галузях де потрібно "екологічний" азот, без відходів згоряння (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, і.т.д.), доступні в двох версіях: пересувні або нерухомо закріплені (на борту судна, в

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контейнерах , і т.д.).

Мембранні генератори компанії Fruit Control використовують виключно чистий принцип роботи (єдиним відходом є суміш повітря і кисню) і можуть досягти високі показники продуктивності.

Характеристика генератору азоту:

Виробництво азоту – 40 м<sup>3</sup>/год;

Потужність генератору – 0,8 кВт;

Потужність компресору – 15 кВт.

Генератор виробляє харчовий азот E941 відповідно до стандарту EIGA Food, і до законодавства 2000/63 / CE, 95/2 / UE e 178/2002 / UE.

#### Добір скрубера CO<sub>2</sub>

Регулювання складу газового середовища в холодильних камерах проводиться за допомогою скрубєрів - спеціальних очищувачів, що поглинають надлишок CO<sub>2</sub>. У скрубєрі повітря з камери може циркулювати по замкнутому колу, підтримуючи вміст CO<sub>2</sub>, до 3-5%.

Вуглекислий газ, поглинений скрубєром, заміщається майже таким же об'ємом повітря і, завдяки цьому концентрація кисню в камері досягає необхідного рівня.

Для швидкого створення потрібного газового режиму в камеру вводять велику кількість азоту, і тоді концентрація кисню в атмосфері камери швидко знижується до потрібного рівня.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4 Скрубер CO2

Характеристика скрубера:

Кількість абсорбованого CO2 (3% концентрація) – 200 кг/год;

Потужність скрубера – 2,53 кВт;

Добір каталітичного конвертеру етилену

Конвертери – це каталітичні реактори призначені для зниження концентрації етилену в камерах зберігання з нормальним і регульованим газовим середовищем.

Використовуючи конвертери можливо підтримувати такі концентрації етилену:

- В камерах зберігання і регульованою середовища для яблук:  $<1 \div 5$  ppm
- В камерах для цитрусових продуктів, груш і зелені:  $0,05 \div 0,1$  ppm
- В камерах для ківі:  $<0,02$  ppm

Конвертери етилену також допоможуть:

- Призупинити процес дозрівання збережених продуктів і фізіопатологічеській ефект етилену.
- Підтримувати низький рівень бактерій благодаря термічного ефекту в

						Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	

реакторі.

- Не впливати на термобаланс камер зберігання.



Рис. 1.5 Каталітичний конвертер етилену

Характеристика каталітичного конвертеру:

Продуктивність – 150 м<sup>3</sup>/год;

Споживана потужність – 1,1 кВт.

Додаткове устаткування.

Система управління.

Система управління вимірює і реєструє рівень O<sub>2</sub> і CO<sub>2</sub> і управляє роботою скрубберів CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub>. На додаток до цього аналогічна система може управляти охолодженням (включення і виключення, оттайка, управління машинним відділенням), проводити виміри етилену і управляти перетворювачем етилену.

Система зволоження.

Фрукти, які зберігаються в камерах з РГС / ULO, завжди втрачають вологу. Втрати вологи знижуються, якщо RH (відносна вологість) підтримується на рівні 90%. Холод забирає воду з атмосфери, тим самим, обмежуючи тривалість зберігання і знижуючи якість продуктів. Система

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зволоження дозволяє підтримувати відносну вологість на необхідному рівні.

Гнучкий буфер (також носить назву «легкі») мінімізує різницю тисків в холодильній камері без введення кисню.

Клапани високого та низького тиску забезпечують вирівнювання різниці тисків, що перевищує норму (яка не може бути відрегульована повітряним буфером), і збереження камер нешкодженою.

Міжнародні норми витоку газу для камер з РГС / ULO

Існують суворі міжнародні стандарти, що визначають допустимі витоку газу в холодильних камерах з РГС / ULO (з розрахунку в м<sup>2</sup> на 100 м<sup>3</sup> поверхні витоку). Зберігання в РГС неможливо при відсутності подібних норм. Перед введенням в експлуатацію холодильні камери перевіряють пристосуванням для виявлення витоків. При тестуванні необхідно ретельно перевіряти підлогу та двері на наявність витоків.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ II. Розрахункова частина

### 2.1 Розрахунок будівельної площі камер схову фруктів

Дані для розрахунку:

Фруктосховище для зберігання цитрусових (відповідно до ГОСТ 4427-82 і ГОСТ 4428-82, а також Рекомендації в галузі зберігання рослинницької продукції ( USA, University of Wisconsin, The Ohio State University) («VEGETABLE CROP HANDBOOK 2009» та ін.) Для камери дозрівання бананів, приймаємо температуру в камері при зберігання апельсинів та мандаринів  $t_k = 13$  °С, відносну вологість повітря  $\phi_k = 0.9$ , розташоване в Одеській області (відповідно до табл.6 [3] приймаємо розрахункову температуру зовнішнього повітря  $t_n = 32$ °С, відносну вологість повітря  $\phi_n = 0.63$ ), орієнтовною місткістю  $G = 46$  т. Кожна камера орієнтовно 23т.

Приймаємо норму завантаження для зберігання цитрусових в дерев'яних ящиках (відповідно до табл.1 [3])  $g_w = 0.32$  т/м<sup>3</sup>. Тоді вантажний об'єм складе:

$$V_{гр} = G/g_w = 46/0.32 = 143,75 \text{ м}^3$$

При розрахунку вантажної площі камер приймаємо, що висота штабелю вантажу, укладеного в ящикних піддонах складає  $h_{гр} = 3$  м при будівельній висоті  $h_{стр} = 5.8$  м. Тоді вантажна площа камери:

$$F_{гр} = V_{гр}/h_{гр} = 143,75/3 = 47,92 \text{ м}^2.$$

Приймаємо коефіцієнт використання будівельної площі для камер схову фруктів  $\beta_F = 0.8$  [3], тоді сумарна будівельна площа схову:

$$F_{стр} = F_{гр}/\beta_F = 47,92/0.8 = 59,90 \text{ м}^2.$$

За необхідною площею вибираємо 2 камери м.

Сумарна місткість холодильника

$$G = \beta_F \cdot F_{стр} \cdot h_{гр} \cdot g_w = 0.8 \cdot 59,90 \cdot 3 \cdot 0.32 = 46 \text{ тон}$$

									Арк.
									52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

## 2.2 Визначення коефіцієнтів теплопередачі огорож

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

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін:

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

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+5)} = 0.43 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$K_{nc} = 0.16 \cdot e^{0.022(40+7)} = 0.45 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі стелі з горищем:

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

$$K_{чп} = 1.05 \cdot 0.43 = 0.452 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$K_{чп} = 1.05 \cdot 0.45 = 0.473 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін і перегородок:

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

$$K_{вс} = 1.18 \cdot 0.43 = 0.51 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

$$K_{вс} = 1.18 \cdot 0.45 = 0.53 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$$

Товщина ізоляційного шару:

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

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$\delta_i$  и  $\lambda_i$  – товщина і коефіцієнт теплопровідності кожного будівельного шару;

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

Дійсний коефіцієнт теплопередачі для зовнішніх стін.

Таблиця 2.1 – Конструкція зовнішніх стін

Найменування і матеріал шару	$\delta$ , м	$\lambda$ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
1. Штукатурка складним розчином по металевій стінці	0.02	0.98
2. Теплоізоляція з PUR	?	0.022
3. Пароізоляція – два шару гидроизола на бітумній основі	0.004	0.3
4. Штукатурка цементно-піщана	0.02	0.93
5. Кладка цегляна на цементному розчині	0.38	0.81
6. Штукатурка складним розчином	0.02	0.93

Приймаємо для відповідних умов  $\alpha_n=23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ , для камер з примусовою циркуляцією  $\alpha_k=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ,  $k_{нс1}=0.43 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ,  $k_{нс1}=0.45 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ .

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из}=(1/0.43-(1/23+0.02/0.98+0.004/0.3+0.38/0.81+0.02/0.93+1/9))\cdot 0.022=$$
$$=0.036 \text{ м, приймаємо } \delta_{из}=0.04 \text{ м.}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$\delta_{из}=(1/0.45-(1/23+0.02/0.98+0.004/0.3+0.38/0.81+0.02/0.93+1/9))\cdot 0.022=$$

$$=0.034 \text{ м, приймаємо } \delta_{из}=0.04 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{нс}^{\prime}=1/(1/23+1/9+(0.02+0.013+0.022+0.469+0.22+0.04/0.022))=$$

$$=0.37 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Товщина зовнішньої стінки:  $\delta=0.484 \text{ м.}$

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі для стелі.

Таблиця 2.2 – Конструкція стелі

Найменування і матеріал шару	$\delta,$ м	$\lambda,$ Вт/м·К
1. 5 шарів гідроізола на бітумній мастиці	0.012	0.3
2. Стягування з бетону по металевій сітці	0.04	1.86
3. Пароізоляція (шар пергаміну)	0.001	0.15
4. Теплоізоляція – PUR	?	0.022
5. Залізобетонна плита покриття	0.035	2.04

Приймаємо для відповідних умов  $\alpha_n=23 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ , для камер з примусовою циркуляцією  $\alpha_k=9 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ ,  $k_{чп1}=0.452 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ ,  $k_{чп2}=0.473 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ .

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из}=(1/0.452-(1/23+0.012/0.3+0.04/1.86+0.001/0.15+0.035/2.04+1/9))\cdot 0.022=$$

$$=0.043 \text{ м, приймаємо } \delta_{из}=0.06 \text{ м.}$$

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{чп}^{\prime}=1/(1/23+1/9+(0.079+0.06/0.022))=0.34 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

Товщина стелі:  $\delta=0.148 \text{ м.}$

Визначення дійсного коефіцієнта теплопередачі для зовнішніх стін.

Таблиця 2.3 – Конструкція внутрішніх стін

Найменування і матеріал шару	$\delta$ , м	$\lambda$ , Вт/м·К
1.Залізобетон плита	0.08	1.86
2.Пароізоляція - два шару гідроізола на бітумній основі	0.004	0.3
3. Теплоізоляційна плита PUR	?	0.022
4. Штукатурка складним розчином	0.02	0.98

Приймаємо для відповідних умов  $\alpha_n=8$  Вт/(м<sup>2</sup>К) для коридору, для камер з примусовою циркуляцією  $\alpha_k=9$  Вт/(м<sup>2</sup>К),  $k_n=0.47$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Орієнтовна товщина ізоляції:

$$\delta_{из}=(1/0.47-(1/9+0.08/1.86+0.004/0.3+0.02/0.98+1/8))\cdot 0.022=0.04 \text{ м,}$$

приймаємо  $\delta_{из}=0.04$  м.

Знаходимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_{0д}=1/(1/8+0.08/1.86+0.004/0.3+0.02/0.98+0.04/0.022+1/9)=0.47 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К.}$$

Товщина внутрішньої стінки:  $\delta=0.144$  м.

\*

### 2.3 Визначення теплового навантаження камер

Загальне теплове навантаження на холодильне устаткування:

$$Q_0=Q_1+Q_2+Q_3+Q_4+Q_5, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

$Q_1$  – теплопритоки через огорожі;

$Q_2$  – теплопритоки від холодильної обробки вантажів;

$Q_3$  – теплопритоки, пов'язані з вентиляцією приміщень;

$Q_4$  – експлуатаційні теплопритоки;

$Q_5$  – теплопритоки від дихання охолоджених плодів.

#### 2.3.1 Розрахунок теплоприпливів скрізь огорожі.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоприплив скрізь огорожу визначається по формулі:

$$Q_1 = kF(\Delta t + \Delta t_c), \text{ Вт}, \quad (2.6)$$

де  $k$  – розрахунковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>К);

$F$  – площа огорожі, м<sup>2</sup>;

$\Delta t$  – різниця між зовнішньою і внутрішньою температурою;

$\Delta t_c$  – різниця температур від дії сонячного випромінювання.

$$\Delta t_c = p \cdot (q_c \cdot \varepsilon_c / \alpha_n) \quad (2.7)$$

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

$q_c$  – розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду, Вт/м<sup>2</sup>;

$\varepsilon_c$  – коеф. поглинання сол. випромінювання поверхнею огорожі;

$\alpha_n$  – коефіцієнт тепловіддачі від нагрітої сонцем поверхні в навколишнє середовище, Вт/(м<sup>2</sup>К).

Відповідно до прийнятого плану холодильника сонячні теплопритоки поступають до західної стіни (камера №1) і через дах. Південні стіни захищені критою рампою, східна граничить з компресорним цехом, сонячні теплопритоки до північних стін відсутні.

Підбираємо коефіцієнти  $\varepsilon=0.4$  (стіни покриті світлою штукатуркою),  $\varepsilon=0.65$  (крівля покрита оцинкованим залізом),  $p=0.75$  (масивна конструкція), для західної стіни  $q_c=461$  Вт/м<sup>2</sup>, для даху  $q_c=789$  Вт/м<sup>2</sup>,  $\alpha=23$  Вт/(м<sup>2</sup>К) [3].

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

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

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

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\Pi} = (t_n - t_k) \sum_{i=1}^4 (k_{yc})_i F_i \quad [\text{Вт}] \quad (2.8)$$

де  $F_i$  – площі відповідних зон,  $\text{м}^2$ ;

$k_{yc}$  – коефіцієнт теплопередачі відповідної зони,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

Розрахунок ведемо для площ тих, що потрапили у відповідну зону. Для обліку компенсації збільшення щільності теплового потоку площу першої зони збільшуємо на  $4 \text{ м}^2$  (один угол). Умовні коефіцієнти теплопередачі по зонах приймаємо  $0.48; 0.24; 0.12; 0.07 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  відповідно до довідкових даних.

Таблиця 2.4 – Розрахунок підлоги по зонах

	1-я зона, $F_1, \text{м}^2$	2-я зона, $F_1, \text{м}^2$	3-я зона, $F_1, \text{м}^2$	4-я зона, $F_1, \text{м}^2$	$\sum_{i=1}^4 (k_{yc})_i F_i, \text{Вт/К}$
Камера №1	15,88	7,89	3,96	2,39	30,12
Камера №2	15,88	7,89	3,96	2,39	30,12

Теплопритоки через підлогу, що не обігривається:

$$Q_{\Pi 1} = (32 - 13) \cdot (0.48 \cdot 15,88 + 0.24 \cdot 7,89 + 0.12 \cdot 3,96 + 0.07 \cdot 2,39) = 193,01 \text{ Вт.}$$

$$Q_{\Pi 2} = (32 - 13) \cdot (0.48 \cdot 15,88 + 0.24 \cdot 7,89 + 0.12 \cdot 3,96 + 0.07 \cdot 2,39) = 193,01 \text{ Вт.}$$

Розрахунок надмірної різниці температур від сонця

	$q, \text{Вт}/\text{м}^2$	$\varepsilon$	$\rho$	$\alpha_3, \text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	$\Delta t_c, \text{°C}$
Схід	384	0,4	0,75	23	5,01
Захід	461	0,4	0,75	23	6,01
Південь	384	0,4	0,75	23	5,01
Стеля	789	0,72	0,75	23	18,52

Таблиця 2.5 – Теплоприпливи скрізь огорожі

	K, Вт/(м²К)	F, м²	tк, °С	tн, °С	Δtc, °С	Q1, Вт
<b>Кам. №1</b>						
Схід	0,37	45,27	13	13	0	350
Захід	0,37	45,27	13	32	6,01	637
Південь	0,37	20,13	13	13	0	97
Північ	0,47	20,13	13	32	5,01	218
Підлога	Кусл	30,12	13	32	0	0
Стеля	0,34	30,12	13	32	18,52	517
Сумарні теплопритоки по камері №1, ΣQ1, Вт						<b>1819</b>
<b>Кам. №2</b>						
Схід	0,37	45,27	13	32	5,01	253
Захід	0,47	45,27	13	13	0	277
Південь	0,37	20,13	13	32	0	97
Північ	0,34	20,13	13	32	5,01	620
Підлога	Кусл	30,12	13	32	0	0
Стеля	0,34	30,12	13	32	18,52	517
Сумарні теплопритоки по камері №2, ΣQ1, Вт						<b>1764</b>

### Розрахунок теплоприпливів від вантажів при їх холодильній обробці

Зберігання банани відбувається в дерев'яних закритих ґратчастих ящиках 622\*396\*168 (маса тари 3 кг, ємкість 15 кг). Ящики укладаються на плоскі дерев'яні піддони 800\*1200\*150 (маса 20 кг), утворюючи пакети 1268\*800\*1326 (28 ящиків в пакеті) [4].

При зберіганні фрукти приходять з рефрижераторів з температурою 13 °С по 10% від загального завантаження камери в добу.

Теплоприпливи від холодильної обробки вантажу розраховують по формулі:

$$Q_2 = Q_{2гр} + Q_{2тары} \quad [Вт], \quad (2.9)$$

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

						Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.487-03.19	

$$Q_{2гр} = 0.1 \cdot E \cdot (h_1 - h_2) \quad [\text{Вт}], \quad (2.10)$$

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

Для бананов :

$$Q_{2гр} = 0.1 \cdot 46000 \cdot (285,7 - 265) / (3.6 \cdot 24) = 551,04 \text{ Вт.}$$

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

$$Q_{2тар} = 0.1 \cdot G_T \cdot C_T \cdot (t_1 - t_2) \quad [\text{Вт}], \quad (2.11)$$

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

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

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

$$Q_{2тар} = 0.2 \cdot 0.1 \cdot 23000 \cdot 2.5 \cdot (20 - 13) / (3.6 \cdot 24) = 93,17 \text{ Вт}$$

Загальний теплоприплив від обробки вантажу:

$$Q_2 = 551,04 + 93,17 = 644,21 \text{ Вт}$$

### **Розрахунок теплоприпливів при вентиляції камери.**

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

$$Q_3 = V_{стр} \cdot a \cdot \rho_k \cdot (h_n - h_k) \quad [\text{Вт}], \quad (2.12)$$

де  $V_{стр}$  – будівельний об'єм камери, м<sup>3</sup>,  $V_{стр} = 3,66 \cdot 8,23 \cdot 5,48 = 165,07 \text{ м}^3$ ;

$a$  – кратність повітрообміну в добу, приймаємо  $a=4$ ;

$\rho_k$  – щільність повітря при температурі і відносній вологості камери, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_k = 1.016 \text{ кг/м}^3$ ;

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$Q_3=165,07 \cdot 4 \cdot 1.016 \cdot (74-12)/(3.6 \cdot 24)= 481,4 \text{ Вт.}$$

### Розрахунок експлуатаційних теплопритоков

$$Q_4=Q_4'+Q_4''+Q_4''' +Q_4'''' \quad [\text{Вт}], \quad (2.13)$$

де  $Q_4'$  - теплопритоки від ел. освітлення, Вт;

$Q_4''$  - теплопритоки від електродвигунів, Вт;

$Q_4'''$  - теплопритоки від працюючих людей, Вт;

$Q_4''''$  - теплопритоки при відкритті дверей, Вт.

Теплоприток від електричного освітлення.

$$Q_4'=q_4' \cdot j_{св} \cdot F_{стр} \quad [\text{Вт}], \quad (2.14)$$

де  $q_4'$  – норма щільності освітлення, приймаємо 3 Вт/м<sup>2</sup>;

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

$$Q_4'=3 \cdot 0.33 \cdot 92=91,08 \text{ Вт}$$

Теплоприток від електродвигунів повітроохолоджувачів.

$$Q_4''=j_{дв} \cdot \sum N_{дв} \quad [\text{Вт}], \quad (2.15)$$

де  $j_{дв}$  – коефіцієнт одночасності роботи, приймаємо  $j_{дв}=0.3$

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

Орієнтовано  $\sum N_{дв}$  можна розрахувати як:

$$\sum N_{дв} = 1.2 \cdot m \cdot (Q_1+Q_2+Q_3), \text{ Вт} \quad (2.16)$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $m$  – коефіцієнт відношення потужності електродвигуна до його холодопродуктивності, приймаємо  $m=0.08$ .

$$\sum N_{\text{дв}} = 1.2 \cdot 0.8 \cdot (1819 + 644,21 + 481,4) = 2826,83 \text{ Вт.}$$

$$Q_4'' = 0.3 \cdot 2826,83 = 848,05 \text{ Вт}$$

Теплоприпливи від працюючих людей.

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot t_k) \cdot n \text{ [Вт]}, \quad (2.17)$$

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

$$Q_4''' = (270 - 6 \cdot 13) \cdot 3 = 576 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки від інфільтрації через двері.

$$Q_4'''' = V \cdot F_{\text{стр}} \text{ [Вт]}, \quad (2.18)$$

де  $V$  – витрати холоду при відкритті дверей  $\text{Вт/м}^2$ , приймаємо для камер площею  $30,45 \text{ м}^2$  и будівельною висотою  $5.6 \text{ м}$  –  $V=17 \text{ Вт/м}^2$ .

$$Q_4'''' = 17 \cdot 30,45 = 517,65 \text{ Вт.}$$

Таким чином, сумарні експлуатаційні теплопритоки:

Для бананів:

$$Q_4 = 91,08 + 848,05 + 576 + 517,65 = 2032,78 \text{ Вт;}$$

**Теплоприпливи від дихання охолоджених плодів.**

У режимі охолодження:

$$Q_5 = q_5' \cdot G_n + q_5'' \cdot (E - G_n), \text{ [Вт]}, \quad (2.19)$$

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$G_n$  – максимальне одноразове надходження плодів в камеру, прийнято 10% для камер з регульованим газовим середовищем,  $G_n=0.1E$ .

Тепловиділення плодів визначаються:

$$q_t = q_0 \cdot e^{bt} \text{ [Вт/т]}, \quad (2.20)$$

де  $q_0$  – тепловиділення плодів при 0 °С;

$b$  – температурний коефіцієнт швидкості дихання, °С<sup>-1</sup>.

Для бананів:

$$t_n = 20 \text{ °С: } q_5' = 10,6 \cdot e^{0,0733 \cdot 20} = 45,92 \text{ Вт/т.}$$

$$t_n = 13 \text{ °С: } q_5'' = 10,6 \cdot e^{0,0733 \cdot 13} = 27,5 \text{ Вт/т.}$$

Теплопритоки від дихання охолоджених плодів:

Для апельсинів та мандаринів:

$$Q_5 = 45,92 \cdot 0,1 \cdot 67 + 27,5 \cdot (67 - 0,1 \cdot 67) = 1965,91 \text{ Вт.}$$

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

Таблиця 2.6 – Звідна таблиця теплопритоків по камері на ПО

	Q <sub>1</sub> , Вт	Q <sub>2</sub> , Вт	Q <sub>3</sub> , Вт	Q <sub>4</sub> , Вт	Q <sub>5</sub> , Вт	ΣQ, Вт
Камера №1	1819	644,21	481,4	2032,78	1965,91	6943,3

Камера №2	1764	644,21	481,4	2032,78	1965,91	6888,3
-----------	------	--------	-------	---------	---------	--------

Як прилади охолодження в камерах використовуємо .... фреонові повітроохолоджувачі, для уніфікації устаткування по максимальному навантаженню приймаємо в кожній камері по 1 повітроохолоджувача з холодопродуктивністю  $Q_0 = 17$  кВт.

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

Таблиця 2.7 – Звідна таблиця теплопритоків по камері на КМ

	$Q_1$ , Вт	$Q_2$ , Вт	$Q_3$ , Вт	$Q_4$ , Вт	$Q_5$ , Вт	$\Sigma Q$ , Вт
Камера №1	1819	322,11	481,4	2032,78	1965,91	6621,2
Камера №2	1764	322,11	481,4	2032,78	1965,91	6566,2

Таким чином, сумарне навантаження на компресори по всіх камерах:

$$\Sigma Q_{\kappa} = 6943,3 + 6888,3 + 6621,2 + 6566,2 = 27019 \text{ Вт}$$

## 2.4 Тепловий розрахунок холодильної системи

Теплове навантаження на компресора визначимо з урахуванням втрат в системі при безпосередньому охолодженні у розмірі 7 % і коефіцієнта робочого часу 0.85 [3]:  $\Sigma Q_{0 \text{ комп}} = 1.07 \cdot 27 / 0.85 = 33,9$  кВт.

Необхідна холодопродуктивність одного компресора:  $Q_{0 \text{ комп}} = 33,9$  кВт.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловий розрахунок буде проводитися за наступними даними:

- температура кипіння R407a  $t_0=5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- потрібна холодопродуктивність  $Q_{0\text{ комп}}=33,9\text{ кВт}$ ;
- температура конденсації агента  $t_k=42\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- сумарний перегрів на всмоктуванні  $\Theta=10\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- переохолодження після конденсатора  $\Delta t_{\text{по}}=5\text{ }^\circ\text{C}$ ;

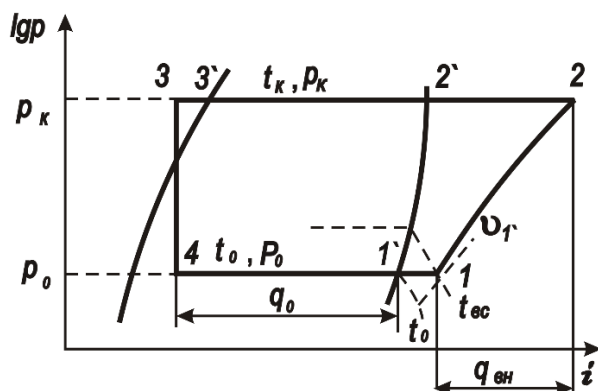


Рис. 2.1 Цикл холодильної машини

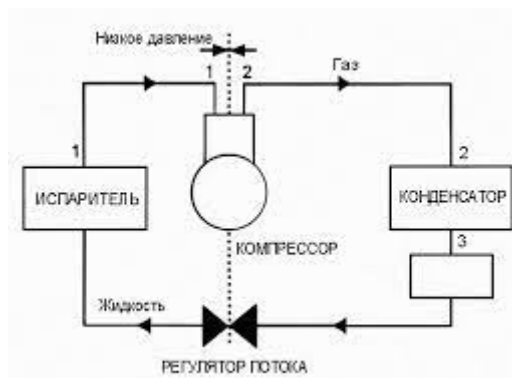


Рис. 2.2 Схема холодильної машини

Таблиця 2.7 – Розрахункові дані циклу холодильної машини

	1'	1	2	3	4
$t, \text{ }^\circ\text{C}$	5	15	60	38	5
$P, \text{ бар}$	7,33	7,33	20,2	20,2	7,33
$h, \text{ кДж/кг}$	365	374	395	249	249
$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	-	0,0283	-	-	-

Питомі характеристики циклу:

- питома масова продуктивність:

$$q_0 = h_{1'} - h_4 = 365 - 249 = 116 \text{ кДж/кг}$$

- питома об'ємна продуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 116 / 0,0283 = 4098,94 \text{ кДж/м}^3$$

- питома адіабатна робота стискування

$$l=h_2-h_1=395-374=21 \text{ кДж/кг}$$

- питоме тепло, відведене у конденсаторі:

$$q_k = h_2 - h_3 = 395 - 249 = 146 \text{ кДж/кг}$$

- Теоретичний коефіцієнт перетворення:

$$COP_a = \frac{q_0}{l} = \frac{116}{21} = 5.52$$

- Коефіцієнт перетворення циклу Карно:

$$COP_K = \frac{T_0}{T_K - T_0} = \frac{277}{314 - 277} = 7.49$$

Масова витрата агента:

$$M_a = Q_0 / q_0 = 33,9 / 116 = 0,29 \text{ кг/с}$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_d = M_a \cdot v_1 = 0,29 \cdot 0,0283 = 0,008 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda_c = 1 - 0,03 \cdot [(P_K / P_0)^{1/m} - 1] = 1 - 0,03 \cdot [(20,2 / 7,33) - 1] = 0,95$$

$$\lambda_w = (T_0 + \Theta) / (\alpha \cdot T_K + \beta \cdot \Theta) = (277 + 20) / (1,12 \cdot 314 + 0,5 \cdot 20) = 0,82$$

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w = 0,95 \cdot 0,82 = 0,78$$

Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_h = V_d / \lambda = 0,008 / 0,78 = 0,0103 \text{ м}^3/\text{с}$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l = 0,29 \cdot 21 = 6,09 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = N_a / (\lambda_w + b \cdot t_0) = 6,09 / (0,82 + 5 \cdot 0,0025) = 7,32 \text{ кВт}$$

Потужність тертя:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_i = 0,008 \cdot 60 = 0,48 \text{ кВт},$$

де  $P_i$  - середній тиск тертя, приймаємо для фреонових компресорів  $P_i = 60$  кПа.

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 7,32 + 0,48 = 7,8 \text{ кВт}$$

Дійсний коефіцієнт продуктивності:

$$COP_D = \frac{Q_0}{N_i} = \frac{33,9}{7,32} = 4,63$$

Електрична потужність компресора:

$$N_{эл} = N_e / \eta_{эл} = 7,8 / 0,8 = 9,75 \text{ кВт},$$

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

Таблиця 2.8 – Результати теплового розрахунку

Параметри	
Холодопродуктивність, кВт	33,9
Температура кипіння °С	5
Температура конденсації °С	42
Перегрів °С	10
Переохолодження в конденсаторі °С	5
Тиск кипіння/конденсації, бар	7,33/20,2
Теор. об'єм, описаний поршнями, м <sup>3</sup> /с	0.0103

									Арк.
									67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9				

Адіабатна потужність компресора, кВт	6,09
Електрична потужність компресора, кВт	9,74

## 2.5 Розрахунок повітроохолоджувача

У розрахунку використовуються наступні дані:

- холодопродуктивність апарату  $Q_0=17$  кВт;
- температура повітря камери  $t_k=13$  °С;
- відносна вологість повітря камери  $\phi_k=0.85$ ;
- швидкість повітря в живому перетині  $V_B=3$  м/с;
- форма ребра – кругле;
- матеріал труб сталь  $\lambda_{тр}=50$  Вт/(м·К),  $d_H=0.02$  м,  $d_{вн}=0.016$  м;
- матеріал ребер алюміній  $\lambda_p=150$  Вт/(м·К),
- крок ребер  $u=0.008$  м, висота ребра  $h_p=0.02$  м, товщина ребра у підстави  $\delta_{op}=0.002$  м, у вершини  $\delta_{bp}=0.0006$  м діаметр ребра  $D_p=0.063$  м;
- температура кипіння агента (R 407a)  $t_0=5$  °С;
- товщина інею, що осів  $\delta_i=0.0015$  м,  $\lambda_i=0.2$  Вт/(м·К).

### Розрахунок

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

Температура на виході з апарату:

$$t_B=t_k-\Delta t=13-2=11 \text{ °С}$$

Середня температура повітря:

$$t_c=0.5 \cdot (t_k + t_B)=0.5 \cdot (13+11)=12 \text{ °С}$$

Задаємося середньою температурою поверхні п-ча, покритою інеєм:

$$t_{п}=-0.1 \text{ °С.}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

По таблицях визначаємо вологосодержання насиченого повітря при:  $t_k - d_k'' = 0.0047$  кг/кг;  $t_{п} - d_{п}'' = 0.004$  кг/кг;  $t_{в} - d_{в}'' = 0.0045$  кг/кг.

Вологосодержання повітря в камері при  $t_k$  по таблиці  $d_k = 0.0047$  кг/кг

Вологосодержання на виході з повітроохолоджувача:

$$d_{в} = d_k - (d_k - d_{п}'' ) \cdot (t_k - t_{в}) / (t_k - t_{п}) \quad [\text{кг/кг}] \quad (2.21)$$

$$d_{в} = 0.0047 - (0.0047 - 0.004) \cdot (13 - 11) / (13 + 0.1) = 0,00446 \text{ кг/кг.}$$

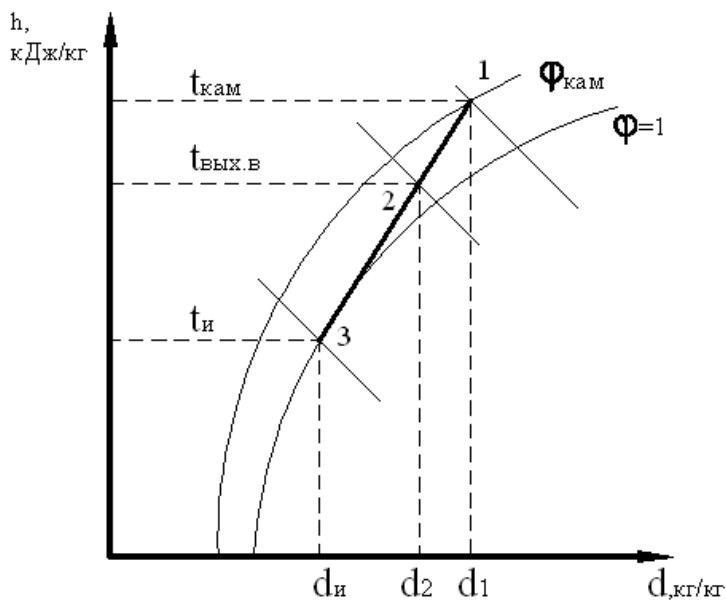


рис. 5.1 – Процес обробки повітря у повітряохолоджувачі в h-d діаграмі.

Відносна вологість на виході з апарату:

$$\phi_{в} = d_{в} / d_{в}'' = 0.00446 / 0.0045 = 0.991$$

Ентальпія повітря визначається по формулі:

$$h = 1.006 \cdot t + (2835 + 2.09 \cdot t) \cdot d \quad [\text{кДж/кг}] \quad (2.22)$$

$$h_k = 1.006 \cdot 13 + (2835 + 2.09 \cdot 13) \cdot 0.0047 = 48,286 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{п} = 1.006 \cdot 5 + (2835 + 2.09 \cdot 5) \cdot 0.004 = 27,024 \text{ кДж/кг}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поперечний і подовжній крок труб при коридорній компоновці:

$$S_1=S_2=D_p+2\cdot\delta_i+0.003=0.063+2\cdot0.0015+0.003=0.069 \text{ м}$$

Геометричні параметри прийнятого ребристого елемента.

Зовнішня поверхня ребра:

$$f_p=0.5\cdot\pi\cdot(D_p^2-d_n^2)+\pi\cdot D_p\cdot\delta_{вр}=0.5\cdot\pi\cdot(0.063^2-0.02^2)+\pi\cdot0.063\cdot0.0006=7,64\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами:

$$f_{тр}=\pi\cdot d_n\cdot(u-\delta_{ор})=3.14\cdot0.02\cdot(0.008-0.0002)=3.77\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня труби ребристого елемента:

$$f_{вн}=\pi\cdot d_{вн}\cdot u=3.14\cdot0.016\cdot0.008=4\cdot10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня ребристого елемента:

$$f_{п}=f_p+f_{тр}=(5.7+3.77)\cdot10^{-3}=6.1\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Коефіцієнт обрешітання:

$$\beta=f_{п}/f_{вн}=6.1/0.4=15.25$$

Ступінь обрешітання:

$$\phi=f_{п}/(\pi\cdot d_n\cdot u)=6.1/(\pi\cdot0.02\cdot0.008)=12.14$$

Умовний ступінь обрешітання:

$$\beta_n=f_{п}/f_{тр}=6.1/0.38=16.19$$

Геометричні характеристики поверхні інею.

Зовнішня поверхня інею на ребрі:

$$f_{pi}=0.5\cdot\pi\cdot[(D_p+2\cdot\delta_i)^2-(d_n+2\cdot\delta_i)^2]+\pi\cdot(D_p+2\cdot\delta_i)\cdot(\delta_{вр}+2\cdot\delta_i)=0.5\cdot\pi\cdot[(0.053+2\cdot0.0015)^2-(0.02+2\cdot0.0015)^2]+\pi\cdot(0.063+0.003)\cdot(0.0006+0.003)=6.8\cdot10^{-3} \text{ м}^2$$

Внутрішня поверхня інею на трубі між двома суміжними ребрами:

$$f_{тр i}=\pi\cdot(d_n+2\cdot\delta_i)(u-\delta_{ор}-2\cdot\delta_i)=3.14\cdot(0.02+0.003)\cdot(0.008-0.0002-0.003)=$$

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$=2.2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Повна зовнішня поверхня інею на ребристому елементі:

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

Коефіцієнт обребрення поверхні, покритої інеєм:

$$\beta_i = f_i / f_{\text{вн}} = 7 / 0.4 = 17.3$$

Площа `живого` перетину одного ребристого елемента з інеєм:

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

Теплообмін з боку повітря.

Теплофізичні властивості повітря при  $t_c$ :

- кінематична в'язкість  $\nu_{\text{в}} = 13.54 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ;
- коефіцієнт теплопровідності  $\lambda_{\text{в}} = 0.0246 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;
- число Прандтля  $Pr_{\text{в}} = 0.707$ ;
- щільність  $\rho_{\text{в}} = 1.279 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Коефіцієнт вляговывападения визначається по формулі:

$$\xi = 1 + (d_{\text{к}} \cdot \varphi_{\text{к}} - d_{\text{п}}) \cdot (2835 - 2.09 \cdot t_{\text{п}}) / [(1.006 + 1.87 \cdot d_{\text{п}}) \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{п}})] \quad (2.23)$$

$$\xi = 1 + (0.0052 \cdot 0.95 - 0.004) \cdot (2835 - 2.09 \cdot (-0.1)) / [(1.006 + 1.87 \cdot 0.004) \cdot (5 + 0.1)] = 1.516$$

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

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначальний розмір:

$$L_0 = d_H / \beta_H + (1 - \beta_H^{-1}) [0.785 \cdot (D_p^2 - d_H^2)]^{0.5} \quad (2.24)$$

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

Число Рейнольдса:

$$Re_B = w_B \cdot L_0 / \nu_B \quad (2.25)$$

$$Re_B = 3 \cdot 0.051 / (13.54 \cdot 10^{-6}) = 11299$$

Число Нуссельта:

$$Nu_B = 0.18 \cdot C_s \cdot C_z \cdot Re_B^{0.65 \cdot \beta_H^{0.07}} \cdot \beta_H^{-0.7} \quad (2.26)$$

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

$$Nu_B = 0.18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 11299^{0.65 \cdot 16.2^{0.07}} \cdot 15.25^{-0.7} = 46,62$$

Коефіцієнт тепловіддачі від поверхні повітряохолоджувача до повітря:

$$\alpha_B = Nu_B \cdot \lambda_B / L_0 \quad (2.27)$$

$$\alpha_B = 46,62 \cdot 0.0246 / 0.051 = 22,46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(\alpha_B \cdot \xi)^{-1} + \delta_i / \lambda_i]^{-1} \quad (2.28)$$

$$\alpha_{B \text{ пр}} = [(22,46 \cdot 1.516)^{-1} + 0.0015 / 0.2]^{-1} = 27,12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовна висота ребра:

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

Безрозмірний комплекс

$$mh' = [4 \cdot \alpha_{впр} / ((\delta_{вр} + \delta_{ор}) \cdot \lambda_p)]^{0.5} \cdot h' = 2 \cdot [4 \cdot 27,12 / (0.008 \cdot 150)]^{0.5} = 9,$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = [\tanh(mh')] / mh' \quad (2.29)$$

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

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра:

$$\psi = 1 - 0.058 \cdot mh' = 1 - 0.058 \cdot 0.384 = 0.977$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{в пр}' = \alpha_{в пр} \cdot (f_p \cdot E \cdot \psi + f_{тр}) / f_{п} \quad [\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})] \quad (2.30)$$

$$\alpha_{в пр}' = 16.2 \cdot (0.0057 \cdot 0.953 \cdot 0.977 + 0.0004) / 0.006 = 15.41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Щільність теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_v = \alpha_v \cdot \xi \cdot \beta_i \cdot (t_c - t_{п}) \quad [\text{Вт}/\text{м}^2] \quad (2.31)$$

$$q_v = 15.41 \cdot 1.561 \cdot 17.34 \cdot (3 + 0.1) = 1293 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі в трубах апарату:

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_0 = 32 \cdot \omega \rho^{0.47} \cdot q_B^{0.15} \text{ [Вт/(м}^2\text{К)]} \quad (2.32)$$

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

$$\alpha_0 = 32 \cdot 80^{0.47} \cdot 1293^{0.15} = 735,1 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні інею:

$$K_{Hi} = [\beta_i / \alpha_0 + 1 / \alpha_{в\text{ пр і}} + \phi \cdot (0.5 \cdot (d_H - d_{вн}) / \lambda_T)]^{-1} \text{ [Вт/(м}^2\text{·К)]} \quad (2.33)$$

$$K_{Hi} = [17.34 / 735,1 + 1 / 15.41 + 12.14 \cdot (0.5 \cdot (0.02 - 0.016) / 50)]^{-1} = 15,5 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні сухої поверхні:

$$K_H = K_{Hi} \cdot \beta / \beta_i = 17.24 \cdot 15.17 / 17.34 = 18.1 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$$

Перевіряємо раніше прийняту температуру поверхні апарату:

- щільність теплового потоку, віднесена до зовнішньої поверхні інею:

$$q_H = K_H \cdot (t_c - t_0) = 18.1 \cdot (3 - 0) = 45,3 \text{ Вт/м}^2;$$

- розрахункова різниця температур:

$$\Delta t_p = q_H / (\alpha_{в} \cdot \xi) = 45.3 / (15.41 \cdot 1.561) = 2.96 \text{ }^\circ\text{C};$$

- відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур:

$$\varepsilon = [|\Delta t_p - (t_c - t_H)| / \Delta t_p] \cdot 100\% = |[2.96 - (3 + 0.1)] / 2.96| \cdot 100\% = 4,73 \%$$

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

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_H = Q_0 / [K_H \cdot (t_c - t_0)] = 17000 / (19,24 \cdot 7) = 127,57 \text{ м}^2$$

Компонувальний розрахунок повітроохолоджувача.

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач:

$$V_B = Q_0 \cdot 10^{-3} / [\rho_B \cdot (h_K - h_B)] \quad (2.34)$$

$$V_B = 16 / [1.279 \cdot (19.8 - 15,52)] = 2.92 \text{ м}^3/\text{с}$$

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

Мінімальний `живий` перетин повітроохолоджувача:

$$F_{ж} = V_B / w_B = 2.92 / 3 = 0.973 \text{ м}^2$$

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_{\phi} = F_{ж} \cdot S_1 \cdot u / f_{ж} = 0.973 \cdot 0.069 \cdot 0.008 / 0.00044 = 1.22 \text{ м}^2$$

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

$$e = F_{\phi} / (0.25 \cdot \pi \cdot D_B^2) = 1.22 / (2 \cdot 0.25 \cdot 3.14 \cdot 0.5^2) = 2.53$$

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції повітроохолоджувача у фронтальному перетині:

- ширина  $H' = (F_{\phi} / 2)^{0.5} = 1.22^{0.5} = 1.1 \text{ м}$ ;

- довжина  $L' = H' \cdot 2 = 1.7 \text{ м}$ ;

Число труб у фронтальному перетині пучка з округленням до парного цілого:  $z_1 = H' / S_1 = 1.1 / 0.069 = 16 \text{ шт}$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дійсна ширина і довжина секції:

$$H=z_1 \cdot S_1=16 \cdot 0.069=1.1 \text{ м}$$

$$L=2 \cdot F_{\phi}/H=2 \cdot 1.22/1.1=1.6 \text{ м}$$

Кількість труб по ходу повітря з округленням до найближчого більшого цілого:  $z_2=F_H/[f_{\Pi} \cdot (F_{ж}/f_{ж})]=223/[0.0061 \cdot (0.973/0.00044)]=13$  шт

Розрахункові параметри теплообмінної поверхні:

- сумарна довжина труб апарату:

$$\Sigma L=L \cdot z_1 \cdot z_2=1.6 \cdot 16 \cdot 13=332,5 \text{ м};$$

- площа зовнішньої поверхні:

$$F_d=\Sigma L \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \beta=332,5 \cdot 3.14 \cdot 0.016 \cdot 15.17=253,4 \text{ м}^2;$$

- глибина секції:

$$B=S_2 \cdot z_2=0.069 \cdot 13=0.897 \text{ м}.$$

Перевірка по аеродинамічному опору.

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

$$\Delta P=0.26 \cdot C_Z \cdot C_L \cdot C_t \cdot (\omega p)^{1.92} \quad (2.35)$$

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

Коефіцієнт, що враховує лінійні розміри ребер:

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

Коефіцієнт, що враховує фізичні властивості повітря:

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

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

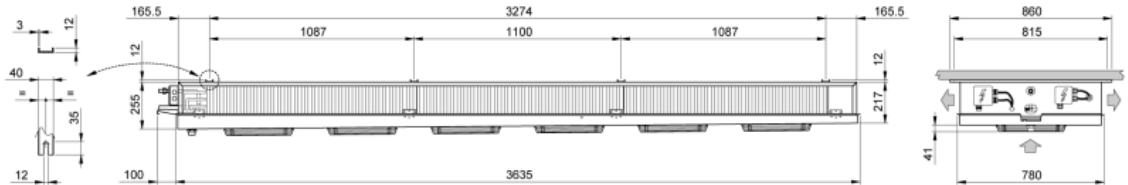
Т.ч.

$$\Delta P=0.34 \cdot 1.87 \cdot 0.322 \cdot 14 \cdot (3 \cdot 1.293)^{1.92}=18,9 \text{ Па}$$

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

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

По загальним розрахункам було підібрано випарник фірми ECO двухпоточний повітряохолоджувач GDE 316E4ED



Weight	kg	92.000	PED Category		Cat I
			Design Pressure PS	[bar]	30
Internal surface	m <sup>2</sup>	5.70	External surface	m <sup>2</sup>	79.20
Inlet connection		22 mm	Output connection		35 mm
Total circuit capacity	dm <sup>3</sup>	9.9	Fin spacing	mm	4
Drain connection		1" GAS			
Defrost	ED		Electric	W	8550
Fan Motors	n.	6	Diameter	mm	315
Air flow	m <sup>3</sup> /h	8820	Air throw	m	14.0
Feed	V	230/1/50-60	Rotation speed	rpm	1300
Fan Motor	A	2.64	Absorbed power	W	600
Pres.S.Lev. 5 m.	dB(A)	52			

## 2.6 Підбір компресорів та допоміжного устаткування

### 2.6.1 Підбір компресорів та конденсаторів

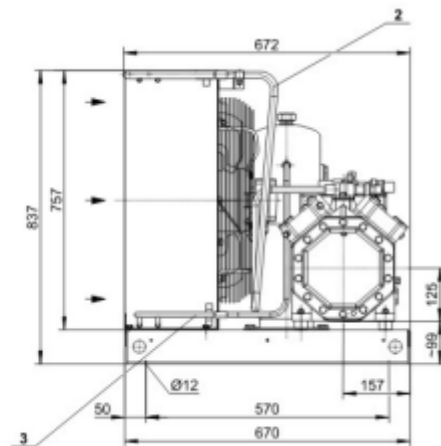
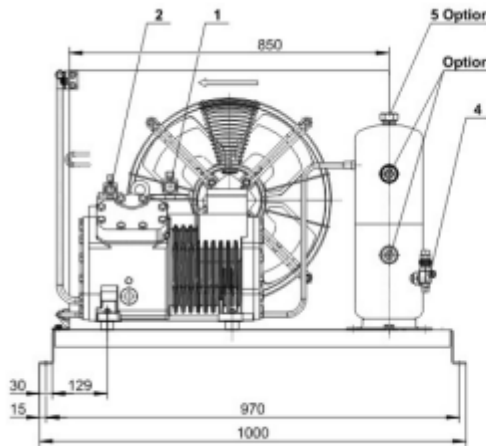
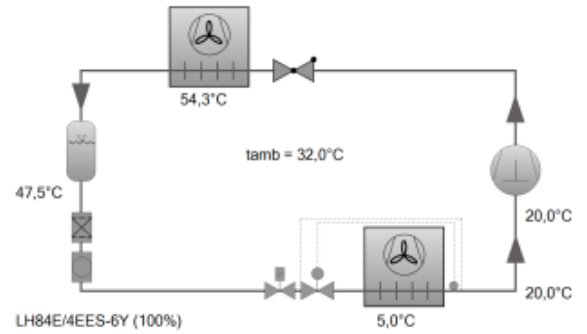
Підбір компресорів здійснимо по потрібній холодопроизводительности на один компресор в режимі зберігання  $Q_0=33$  кВт з параметрами роботи, представленими при тепловому розрахунку. Вибираємо за програмою, Два агрегата LN84E/4EES-6Y, який видає на кемеру 17,87 кВт хладопродуктивности.

									Арк.
									77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9

### Исходные данные

Тип агрегата	LH84E/4EES-6Y
Серии	Стандарт
Хладагент	R407A
Темп., используемая в расчете	Темп. "точки росы"
Тиспарения SST	5,00 °C
темп. окружающей среды	32,0 °C
Темп. всасываемых паров	20,00 °C
Полезный перегрев	100%
Режим эксплуатации	Авто
Энергоснабжение	400V-3-50Hz
Регулятор производ-сти	100%



Тип агрегата	<b>LH84E/4EES-6Y-40S</b>
Ступени регулирования производительности	100%
Холодопроизвод-сть	17,87 kW
Произв-сть испарителя	17,87 kW
Потребл. мощность	6,78 kW
Ток (400V)	10,99 A
Напряжения питания	380-420V
Массов. расход	459 kg/h
Тконденсации SCT	54,3 °C
Переохлаждение жидк.	3,00 K
Режим эксплуатации	Стандарт

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

КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9

Арк.

78

## РОЗДІЛ V. Техніко-економічні показники проекту

### *Попереднє дозрівання у коробках*

До 1990 року кімнати для дозрівання бананів у Європі будувалися для дозрівання у коробках із ручною обробкою. Коробки завантажувалися вручну в кімнату і укладалися у вигляді стільників, залишаючи простір між коробками для циркуляції повітря. У кожній коробці верхня частина ПВХ запечатувалась і дець знімалася кришка картонної коробки. Вентилятори випарника були налаштовані на нагнітання та циркуляцію повітря через коробки, а зволожувач встановлювався для запобігання втратам ваги під час циклу нагрівання. При правильній реалізації ця технологія забезпечувала досить хорошу якість дозрівання, проте вимагала значних витрат на обробку коробок.

### *Нова технологія дозрівання на піддонах*

В останні роки технологія змістилася у бік дозрівання на піддонах на прохання операторів, щоб скоротити трудомісткі витрати на обробку. Зазвичай, коробки з бананами перевозяться безпосередньо на піддонах з країни походження або палетується в порту прибуття. У будь-якому випадку дозрівачі одержують коробки з бананами на піддонах. Перед введенням піддонів до кімнати дозрівач розрізає пластикову упаковку на кожній коробці з доступного боку. Піддони зберігаються в кімнаті вздовж двох рядів, створюючи центральний коридор і два бічні вільні простори. Рослини для дозрівання створюють депресію в центральному коридорі, щоб повітря могло проходити через бічні вільні простори через піддони і коридор. Зволожувач більше не потрібний.

### *Дві протилежні технології депресії*

Із самого початку для дозрівання на піддонах використовувалися дві різні технології. Технологія депресії зі шторою, спочатку використана Del Monte, в

					КРБ.ХУКП.1.487-03.19	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даний час реалізована і рекомендується MICHELETTI IMPIANTI, будь ласка, зверніться до брошури d113x та опису d103v. Технологія депресії з дахом, спочатку використана Chiquita, також популярна в Європі та реалізована кількома постачальниками рослин для дозрівання.

Правильне vs. неправильне дозрівання – до 57000 USD на рік на кімнату

Маржа прибутку дозрівача тісно пов'язана з якістю дозрівання, тому необхідно:

- максимальна однорідність стиглих бананів
- мінімальний час дозрівання
- мінімальна максимальна температура під час дозрівання

Ці вимоги особливо критичні, коли ринок потребує жовтих бананів. При правильному дозріванні банани можуть зберігатись у магазинах на два дні довше та приносити більше цінності продавцю. Ідеальна установка для дозрівання можна порівняти з туристичним агентом, який доставляє банани точно туди, де цього хоче дозрівач, і все на одному рівні стиглості. Хороші якісні банани можна продати на 5 центів дорожче, ніж погані, так що з огляду на 50 циклів дозрівання на рік у кімнаті з 24 піддонами (близько 23000 кг) можна отримати різницю в ціні до 0.05 (USD/кг) x 23000 (кг/ кімната) x 50 (циклів/рік) = 57500 USD на рік на кімнату. Ось чому навіть невелика різниця як банани може призвести до значної різниці в довгостроковому прибутку.

*Штора vs. дах – 400 USD на рік на кімнату*

Більшість електричного споживання в установці для дозрівання посідає вентилятори для створення депресії. Установка MICHELETTI IMPIANTI для 24 піддонів використовує три вентилятори під час циклу дозрівання для створення депресії в 200 Па і повітряного потоку в 33000 м<sup>3</sup>/год з поглинанням 3,3 кВт, тоді як під час зберігання вентиляція знижується до 11000 м<sup>3</sup>/год 1 квт. Уся депресія, створена у системі штори, використовується через піддони, оскільки падіння тиску повітряному шляху становить менше 1%. Навпаки,

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

додаткове споживання 700 Вт посідає вентилятори випарника, які включаються лише під час охолодження, тобто. 30% робочого дня. Враховуючи 250 робочих днів на рік – 200 для дозрівання та 50 для зберігання – загальне споживання становить  $200 \times 24 \times 3.3 + 50 \times 24 \times 1.1 + 250 \times 24 \times 30\% \times 0.7 = 18420$  кВт·год на рік на кімнату. У системі даху є кілька менших вентиляторів, розташованих усередині випарників. Для створення тієї ж депресії та повітряного потоку з лопатями меншого розміру ефективність можна оцінити у 10%. Більше того, існує невелике падіння тиску у випарнику, викликане батареєю та вигином повітряного потоку, це можна оцінити в 10 Па, тобто. 5% загальної депресії. Зазвичай вентиляція не може бути зменшена під час зберігання, тому загальне споживання можна оцінити як  $250 \times 24 \times 3.3 \times 1.15 = 22770$  кВт·год на рік на кімнату. Отже, загальна різниця у споживанні електрики, враховуючи вартість 10 центів за кВт·год, становить близько  $(22770-18420) \times 0.10 = 435$  USD на рік на кімнату.

*Дисковий vs. спіральний компресор – 300 USD на рік на кімнату*

Останніми роками спіральні герметичні компресори отримали широке визнання у Європі як заміна традиційним напівгерметичним компресорам, переважно у комерційному охолодженні. Дійсно, спіральні компресори забезпечують плавну роботу, низький рівень шуму і справді низьку вартість покупки порівняно з традиційними напівгерметичними компресорами. Однак використання спіральних компресорів у промисловому охолодженні викликає деякі сумніви, де надійність має першорядне значення, а витрати на енергію враховуються. Для справедливого порівняння двох продуктів дуже зручно дотримуватись даних Copeland, який є провідним виробником у Європі та випускає обидва типи компресорів. Наступна таблиця резюмує основні дані програми Copeland Selection Software Version 4.12 / 36972:

Характеристика	Дисковий	Спіральний
Модель	D3DA-75X	ZS75K4E-TWD
Холодоагент	R404A	Те саме

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Випаровування	0°C	Те саме
Перегрів	6 К	Те саме
Конденсація	45°C	Те саме
Підохолодження	0 К	Те саме
Потужність	23.54 kW	23.47 kW
Потужність, що споживається	7.7 kW	9.46 kW
ККД	3.06	2.48
Максимальний робочий струм	18А	22А
Вага	163 кг	100 кг

Враховуючи 250 робочих днів на рік із холодильником, що працює 30% часу, споживання становить  $250 \times 24 \times 30\% \times 7.7 = 13860$  кВт·год для дискового компресора та  $250 \times 24 \times 30\% \times 9.46 = 17028$  кВт·год для спірального компресора. Так що різниця у вартості, припустивши 10 центів за кВт·год, складає  $(17028-13860) \times 0.1 = 316.8$  USD на рік на кімнату. Крім того, напівгерметичні дискові компресори можна відкрити та відремонтувати, тоді як герметичні спіральні можна лише замінити у разі несправності.

## РОЗДІЛ V. Охорона праці

### 4.1 Техніка безпеки при роботі з холодильними агентами

Вимоги до обслуговуючого персоналу. До обслуговування холодильних систем і систем кондиціонування допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і мають документ про закінчення спеціального навчального закладу або курсів [1, 2, 3].

До самостійного обслуговування холодильних систем і систем кондиціонування можуть бути допущені працівники тільки після проходження під керівництвом досвідченого наставника стажування протягом одного місяця і відповідної перевірки знань.

									Арк.
									82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9				

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

Допущений до роботи персонал повинен бути проінструктований про небезпечні наслідки пошкодження елементів холодильних систем і систем кондиціонування про неприпустимість використання обладнання і труб в якості опор для робочих майданчиків (помостів), сходів і засобів підйому матеріалів та про заборону куріння в приміщеннях.

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

- Пристрій, правила обслуговування і принцип роботи холодильної системи, включаючи систему трубопроводів;
- Порядок виконання робіт з пуску, зупинці холодильної системи і її елементів, регулювання режиму їх роботи (відповідно до інструкцій організації виготовлювача по обслуговуванню встановленого обладнання);
- Нормальний режим роботи холодильної системи;
- Правила заповнення холодоагентом, маслом і хладоносителем;
- Порядок ведення експлуатаційного журналу холодильної системи;
- Правила користування засобами індивідуального захисту;
- Правила охорони праці та надання долікарської допомоги, в тому числі при ураженні електрострумом.

Періодична перевірка знань обслуговуючого персоналу правил, нормативних документів з технічного обслуговування холодильної системи і охорони праці, а також практичних дій повинна проводитися не рідше 1 разу на рік комісією, що складається з фахівців по холодильній техніці і охорони праці. Склад комісії затверджується роботодавцем.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						83
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги до машинного залу. У машинному залі повинен бути встановлений монітор якості повітря, здатний визначати концентрації застосовуваних хладагентів до рівнів EEL або STEL. Необхідно також передбачити відповідні сигнальні системи, що спрацьовують при досягненні рівня AEL концентрації хладагентів або при рівні нижче AEL і оповіщають персонал за межами машинного залу про наявність витoku. Розвантажувальні колектори запобіжних клапанів і спускні вентиля повинні бути виведені за межі машинного залу і відключені від усіх повітрязабірників, з'єднаних з будівлею. У разі погіршення якості повітря слід скористатися місцевою витяжкою для вентиляції виробничого приміщення.

У машинному залі або інших приміщеннях, де перебувають з основний час чергові зміни, які обслуговуються холодильні системи, на видному місці повинні бути вивішені:

- Принципові технологічні схеми трубопроводів (холодоагенту, води, холодоносіїв) і розміщення на них холодильного та технологічного обладнання, з пронумерованій запірною арматурою, нанесенням місць розміщення КВП і короткими поясненнями;

- Плани розміщення холодильного технологічного устаткування, трубопроводів і отсечної запірної арматури;

- Режимні карти роботи холодильних установок;

- Інструкції по зупинці холодильних установок і про дії при виникненні аварійних ситуацій;

- Списки, телефони і адреси посадових осіб і спецпідрозділів (пожежної команди, швидкої допомоги, електромережі та ін.), Які повинні бути негайно повідомлені про аварію або пожежу; - Показчики місцезнаходження аптечки і засобів індивідуального захисту.

Біля входів у охолоджувані приміщення (коридор, естакада) повинні бути вивішені інструкції з охорони праці при проведенні робіт в цих приміщеннях і захисту охолоджувальних пристроїв і трубопроводів від пошкоджень.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При огляді холодильного обладнання, розташованого в закритих приміщеннях, а також трубопроводів в колодязях і тунелях необхідно впевнитись у відсутності в повітрі холодоагенту, наприклад, за допомогою галоидного або іншого течеискателя. У разі виявлення парів холодоагенту в цих об'єктах вхід в них заборонений до їх провітрювання.

Проходи поблизу холодильного обладнання повинні бути завжди вільні, а підлоги проходів - в справному стані.

Забороняється експлуатація холодильної системи з несправними приладами захисної автоматики.

Для діагностування роботи холодильних систем з зарядкою до 50 кг холодоагенту (хладону) допускається застосування знімних приладів, наприклад, манометричної станції. Перевірка герметичності установок повинна проводитися в залежності від маси заправленого холодоагенту і числа можливих місць витоків.

Куріння в машинних відділеннях, а також в інших приміщеннях, де встановлено холодильне обладнання, забороняється. Зварювання та пайка при ремонті машин, агрегатів, апаратів, трубопроводів діючих холодильних систем повинні застосовуватися під наглядом старшого технічного персоналу і при наявності письмового дозволу працівника, відповідального в організації за справний стан, правильну і безпечну експлуатацію холодильних систем.

Перед зварюванням або паянням слід видалити холодоагент з ремонтується холодильного обладнання або трубопроводу. Зварювання та пайка повинні проводитися відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Російській Федерації. Нагнітальний вентиль компресора слід закрити лише після усунення можливості автоматичного пуску цього компресора.

Забороняється знімати огороження з рухомих частин і торкатися до рухомих частин холодильного обладнання, як при роботі, так і після зупинки цього обладнання, поки не буде попереджено його випадкове або несанкціоноване включення.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розкривати компресори, апарати і трубопроводи холодильних систем дозволяється тільки після того, як тиск холодоагенту буде знижений до атмосферного і залишиться незмінним протягом 20 хв.

Не вимикайте холодильні апарати з температурою стінок нижче мінус 35 ° С (до їх утеплення).

Концентрація хладоносителя повинна бути такою, щоб температура замерзання була не менше ніж на 8 ° С нижче температури кипіння холодоагенту при робочих умовах.

Холодильні системи повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно до чинних норм. Розміщення і зберігання в приміщеннях холодильних установок сторонніх предметів не допускається.

Перед початком роботи з обладнанням в закритих приміщеннях переконуються в тому, що розвантажувальні колектори запобіжних клапанів і спускні вентиля виведені за межі приміщення і відключені від усіх повітрязбірників, з'єднаних з будівлею. Перевіряють, чи добре вентилюється приміщення. При необхідності для розсіювання парів хладагентів можна скористатися допоміжними вентиляційними системами (наприклад, воздуходувками або вентиляторами). Перш ніж увійти в закриті приміщення, перевіряють його на наявність кисню. Для випробування на наявність кисню не можна користуватися монітором наявності витоків, так як з його допомогою можна встановити, чи достатньо в приміщенні кисню для життєдіяльності. Для контролю за наявністю кисню в виробничих приміщеннях повинні бути передбачені спеціальні прилади.

При роботі з судинами під тиском, до деяких з небезпечних факторів належать такі:

- В переповненому контейнері, ємності або трубопроводі при підвищенні температури може статися небезпечний підйом гідростатичного тиску, що, в свою чергу, може викликати виток під високим тиском або навіть розрив ємності;

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- В разі, якщо правильно наповнений поворотний або разовий балон розігрівається до температури, що перевищує рекомендовану (52 ° C), це може призвести до підйому тиску до небезпечного рівня, що перевищує тиск, на яке розрахований балон;

- Поворотний або разовий балон для зберігання хладагентів, з'єднаний з лінією нагнітання холодильної системи, може зазнати впливу тисків, на які не розрахована міцність запобіжних клапанів балона, що може викликати руйнування балона.

Балон забороняється вміщувати у джерел теплоти і відкритого полум'я (печі, опалювальні пристрої, парові труби та ін.) І струмоведучих кабелів і проводів.

Для наповнення холодоагентом з холодильної системи повинні використовуватися тільки балони ні з простроченою датою їх технічного огляду. Норма заповнення не повинна перевищувати допустимих значень, зазначених, зокрема, у Правилах будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском. Перевірка наповнення балонів повинна виконуватися зважуванням.

Не можна підвищувати тиск в системах або ємностях, що містять холодоагенти, повітрям для проведення випробувань на витік або в будь-яких інших цілях. Не можна зберігати балони під прямими сонячними променями, де температура може перевищити 52 ° C, Не слід користуватися пальниками або відкритим полум'ям для розігріву балона під час робіт по заправці холодоагенту. Не можна без необхідності чіпати клапани або пристрою скидання тиску. Забороняється заповнювати повторно разові балони відпрацьованими холодоагентами або мастильними матеріалами, а також чим би то не було. Будь-які залишки хладагентів необхідно використовувати або перелити в збірні контейнери; порожній балон підлягає відповідної утилізації. Транспортування вихідних балонів, заповнених відпрацьованими холодоагентами, заборонена законом.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Забороняється використовувати разові балони для холодоагентів в якості ємностей для стиснутого повітря. Балони з холодоагентами не мають відповідного внутрішнього покриття, в зв'язку з чим волога, що міститься у вологому повітрі, призведе до виникнення корозії. Це може послабити міцність балона і викликати вибух. До руйнування балона слідів ослаблення його міцності може і не виявитися. Необхідно завжди зберігати балони з холодоагентами в сухому приміщенні на спеціальному складі. Зберігання у вологому приміщенні може привести до виникнення корозії, яка з часом призведе до ослаблення міцності балонів. У машинному залі дозволяється зберігати не більше одного балона з холодоагентом (хладоном).

При роботі з балонами слід повільно відкривати вентилі. Необхідно переконаватися в тому, що етикетка холодоагенту відповідає кольоровому коду або етикеток на обладнанні. Не слід намагатися регулювати без належної підготовки будь-запобіжні пристрої на балонах, розташованих поруч з холодильним обладнанням. Не можна упускати балон, допускати появи вм'ятин і інших механічних пошкоджень. Не можна закріплювати з'єднання з зусиллям.

Огляд і експлуатація балонів повинні проводитися відповідно до вимог чинних Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском.

При роботі з холодоагентами. Первинну заправку або дозаправку холодильної системи холодоагентом (хладоном) в умовах експлуатації рекомендується виконувати по рідкій фазі холодоагенту, якщо інше не передбачено організацією-виробником. При дозаправки використовують капілярну трубку або інший пристрій, що забезпечує дроселювання рідини, для запобігання можливості попадання рідкого холодоагенту у всмоктувальну порожнину компресора.

Перед заповненням холодильної системи холодоагентом слід упевнитися в тому, що в балоні міститься відповідний холодоагент. Перевірка

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						88
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводиться за величиною тиску пари холодоагенту при температурі балона, що дорівнює температурі навколишнього повітря. Перед перевіркою балон повинен перебувати в даному приміщенні не менше 6 годин. Залежність тиску холодоагенту від температури навколишнього повітря перевіряється по таблиці насичених парів.

Забороняється заповнювати холодильну систему холодоагентом, які не мають документації, яка підтверджує його якість.

Відкривати колпачкову гайку на вентилі балона необхідно в захисних окулярах. При цьому вихідний отвір вентиля балона має бути направлено в протилежну сторону від працівника.

При заповненні холодильної системи холодоагентом (хладоном) слід користуватися осушувальним патроном.

Для приєднання балонів до холодильної системи дозволяється користуватися відпалених мідними трубами або маслобензостійкі шлангами, випробуваними тиском на міцність і щільність.

Не допускається залишати балони з холодоагентом, приєднаними до холодильної установки, якщо не проводиться заповнення або видалення з неї холодоагенту.

Заповнення холодоагентом повністю агрегованих холодильних установок рекомендується проводити на підприємстві-виготовлювачі, якщо це не суперечить документації до установки. Поповнення установок холодоагентом повинно здійснюватися у відповідності до вимог, викладених в інструкції заводу-виготовлювача, і тільки після виявлення і усунення причин витоку холодоагенту.

Перше заповнення холодильної установки холодоагентом має оформлятися актом (з додатком розрахунку необхідної кількості холодоагенту). Для холодильних установок повної заводської готовності акт про первинне заповнення установки холодоагентом не складається (за відсутності витоку холодоагенту при транспортуванні).

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						89
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виявлення місця витіку холодоагенту дозволяється використовувати галоїдні і інші течейскателі, мильну піну, полімерні індикатори герметичності. Наявність слідів масла в рознімних з'єднаннях, бульбашок при Обмилювання з'єднань, зміна кольору полум'я вказують на витік холодоагенту.

При виявленні витіку холодоагенту необхідно, по можливості, видалити холодоагент з пошкодженої ділянки холодильної установки, зупинити установку, перекрити запірною арматурою пошкоджену ділянку, включити витяжну вентиляцію і усунути витік.

Холодильні системи, що працюють на озonoоопасних хладагентах, повинні експлуатуватися з обов'язковим збором холодоагенту для його утилізації при ремонтах (ревізіях) установок.

Холодоагенти не можна змішувати з будь-якими займистими газами або рідинами, незалежно від причини не було викликано, оскільки ці суміші можуть придбати непередбачувані властивості, стати здатними до займання і, отже, небезпечними.

Холодоагенти не можна піддавати дії відкритого полум'я або електричних нагрівальних елементів. Високі температури і полум'я можуть викликати розкладання хладагентів з виділенням токсичних і розкладають димів. Крім цього, полум'я пального може різко збільшитися в розмірах або змінити забарвлення в присутності багатьох традиційних (озonoоопасних) холодоагентів, включаючи R500 або R22, а також багатьох альтернативних холодоагентів за умови їх високої концентрації. Таке збільшення полум'я може викликати переляк у персоналу або навіть призвести до травми. Багато холодоагенти ГХФУ і ДФУ можуть стати горючими, якщо їх змішати з повітрям, а потім розігріти і збільшити тиск. У минулому при роботі з ХФУ звичайними були випробування сумішей повітря і хладагента зі зростанням тиску. Однак при роботі з ГХФУ або ДФУ таких випробувань слід уникати, так як, наприклад, R134a може займатися при абсолютному тиску 139 кПа і температурі 177 ° С, якщо його змішати з повітрям в концентраціях, зазвичай

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищують 60% (за об'ємом повітря). При більш низьких температурах для додання суміші горючості потрібні більш високі тиску. R22 також може займатися при тисках, що перевищують атмосферний, якщо змішати його з повітрям при високих концентраціях. Оскільки альтернативні холодоагенти містять компоненти ГХФУ або ДФУ, передбачається, що їх поведінка виявиться аналогічним. З цієї причини їх не слід змішувати з повітрям ні в яких концентраціях для проведення випробувань з метою виявлення витоків. Не можна допускати, щоб ці холодоагенти перебували під тиском, що перевищує атмосферний, в суміші з повітрям.

#### *Вимоги безпеки після закінчення роботи*

- Прибрати весь інвентар, обладнання в спеціально передбачене для нього місце.
- Очистити робоче місце від сміття, відходів.
- Зняти спецодяг та інші засоби індивідуального захисту.
- Добре вимити обличчя, руки з милом.
- Відключити освітлення. Закрити приміщення.
- Про будь-які виявлені недоліки в роботі холодильного обладнання повідомити свого безпосереднього керівника.

#### *Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях*

Якщо з'явилися несправності в роботі холодильника (іскріння і т.ін.) негайно відключити його від електромережі і доповісти про це керівнику і електрику.

В разі загоряння холодильника необхідно відключити його від електромережі, евакуювати людей з приміщення, провести гасіння обладнання первинними засобами пожежогасіння, повідомити про інцидент своєму керівникові.

У випадку ураження електрострумом надати потерпілому першу допомогу, якщо відсутнє дихання і пульс провести штучне дихання і непрямий масаж серця до відновлення дихання і пульсу, викликати

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						91
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

медсестру або транспортувати потерпілого в медичний кабінет установи, при необхідності викликати швидку медичну допомогу, доповісти керівнику.

При травмуванні надати першу допомогу потерпілому, викликати медсестру або транспортувати потерпілого в медичний кабінет установи, при необхідності викликати швидку медичну допомогу, доповісти керівнику.

У разі попадання в очі миючих і дезінфікуючих засобів, під час миття холодильника, ретельно промити очі водою і звернутися до медсестри. При подразненні шкіри рук добре помити їх з милом і нанести крем.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9</i>	Арк.
						92
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

Дипломна робота "Камери дозрівання бананів в РГС на 48 палет" надає детальне дослідження та аналіз системи дозрівання бананів у контрольованому газовому середовищі. У висновках можна виділити кілька ключових аспектів:

- 1. Герметичність приміщення:* Для успішного дозрівання бананів важливо забезпечити максимальну герметичність приміщення, що запобігає витоку етилену, необхідного для процесу дозрівання.
- 2. Контроль температури:* Приміщення повинно бути добре ізольоване та оснащене належним охолоджувальним обладнанням для підтримання температури в межах кількох градусів, оскільки банани виділяють значну кількість тепла під час дозрівання.
- 3. Опалювальні елементи:* В умовах холодної погоди приміщення повинно бути оснащене опалювальними елементами, які не використовують відкритий вогонь, що забезпечить підтримку належної кімнатної температури.
- 4. Циркуляція повітря:* Важлива рівномірна циркуляція охолодженого повітря по всьому приміщенню для забезпечення рівномірного дозрівання плодів. Це вимагає безперешкодного шляху повітряного потоку від холодильної системи через завантаження і назад.
- 5. Застосування інноваційних технологій:* Використання інгібіторів етилену та інших інноваційних технологій дозволяє значно подовжити термін зберігання бананів та покращити контроль дозрівання плодів.

Таким чином, для забезпечення ефективного процесу дозрівання бананів у камерах зберігання необхідно врахувати ці аспекти, що дозволить підтримувати оптимальні умови та підвищити якість продукції.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						93
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Також рекомендації.*

Приміщення для дозрівання бананів дуже важливі, будь-якого приміщення буде достатньо. Належне приміщення для дозрівання повинно мати:

- Приміщення повинно бути максимально герметичним, щоб запобігти витоку занадто великої кількості етилену.
- Приміщення має бути належним чином ізольоване, щоб можна було контролювати температуру в межах кількох градусів.
- Приміщення повинно мати належне охолодження. Під час дозрівання банани виділяють велику кількість тепла. Холодильне обладнання повинно мати здатність точно контролювати температуру целюлози.
- У кімнаті може знадобитися опалювальне обладнання, щоб підтримувати належну кімнатну температуру в холодну погоду. Електричні нагрівальні елементи виявилися найбільш задовільними і часто є частиною системи охолодження. Ніколи не можна використовувати нагрівання відкритим вогнем.
- У кімнаті повинна бути достатня циркуляція повітря. Оскільки рівномірна температура м'якоті протягом усього завантаження є важливою для рівномірного дозрівання, охоложене повітря в приміщенні має циркулювати постійно та рівномірно по всьому завантаженню. Приміщення має бути сконструйоване таким чином, щоб шлях повітряного потоку від холодильної системи, через завантаження та назад до холодильної системи був безперешкодним. Правильний режим повітряного потоку має величезне значення.

*Примітка щодо камер дозрівання під тиском:*

Мабуть, найважливішим досягненням у дозріванні фруктів з часу появи ящиків для бананів є розробка камер дозрівання під тиском. Ключова особливість цих приміщень полягає в тому, що кондиціоноване повітря проходить через продукт, а не продукт просто зберігається в кімнаті з

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контрольованою температурою. Система пропускає повітря через кожну палету або серію палет перед поверненням у випарник. Таким чином, будь-яке «повітряне укладання» або «перехресне укладання» ящиків не є необхідним, і результатом є менше обробки фруктів і покращена якість продукту. Для приміщень без тиску ящики з бананами повинні бути «укладені повітрям». Тобто коробки мають бути зміщені, щоб забезпечити циркуляцію повітря між усіма коробками, оскільки конструкція кімнати без тиску пропускатиме повітря не через коробки, а навколо них.

*Інші рекомендації:*

Уникайте «охолодження» або «варіння» фруктів. Банани дуже чутливі до температур. Охолодження відбудеться, якщо фрукти піддаються температурі нижче 56°F / 13,3°C протягом кількох годин. Через це шкірка набуває димчастого, тьмяно-сірого кольору. Це може не проявлятися протягом 18-24 годин після охолодження. Варені банани є результатом надмірно високих температур. Шкірка матиме колір від коричневого до оранжевого. Плоди можуть бути м'якими і мати короткий термін зберігання.

Підтримуйте належний рівень вологості. Для найкращих результатів дозрівання вологість повинна бути 85-95%. Якщо вологість занадто низька, встановіть зволожувач повітря; змочування підлоги кімнати водою може збільшити вологість, але може спричинити проблеми з санітарією.

Нанесіть етилен мінімум на 24 години протягом початкової фази циклу дозрівання. Ми рекомендуємо 100-150 PPM. Для цього налаштування генератора залежатимуть від розміру приміщення для дозрівання. Перегляньте наші інструкції з експлуатації .

Будь ласка, зверніть увагу, що всі приміщення відрізняються за герметичністю, тому, якщо потрібне більш точне визначення PPM, рекомендується перевірити повітря на рівень етилену PPM .

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						95
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дотримуйтеся таблиці « Рекомендований посібник із дозрівання бананів ».

Зауважте, що наведені температури є температурами целюлози, а не кімнатними.

Коли банани дозрівають, вони виділяють вуглекислий газ, який накопичується в камері для дозрівання. Вироблення CO<sub>2</sub> починається, коли дозрівання фруктів вступає в «клімактеричну» фазу, або період, коли банани вивільняють етилен і мають підвищену частоту дихання (разом з великою кількістю інших фізіологічних змін). Дихання включає поглинання кисню, виділення вуглекислого газу та розщеплення крохмалю. Концентрація вуглекислого газу вище 1% (10 000 ppm) сповільнить дозрівання, сповільнить дію етилену та спричинить проблеми з якістю. Тому рекомендується провітрювати приміщення, відкриваючи двері на 20 хвилин кожні 12 годин після перших 24 годин дозрівання. Іншими методами вентиляції є автоматичний вентилятор (за часом або на основі датчика) або «проточна» (постійна) вентиляція.

Зелені або стиглі банани легко подрібнюються. Ретельне поводження на всіх етапах зменшить утворення синців і дозволить вам продати банани за більшу суму.

					КРБ.ХУКП.1.487-03.1.9	Арк.
						96
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### *Список використаної літератури*

1. Богданов С.М., Іванов О.П., Купріянов А.В. Холодильна техніка Властивості речовин Довідник. Вид. 3-тє, перераб. та дод. М.: Агропромиздат, 1985. - 208 с.
2. Лагутін А. Е. Апарати холодильних установок: Том 1, Навчальний посібник, ОГАХ, 2003. – 141 с.
3. Мнацакан Г.К. Основи проектування холодильників: Навчальний посібник, ОДАХ. 2004. - 70 с.
4. Цинман М.М., Янюк В.Я. Холодильники для фруктов. – М.: «Пищевая промышленность», 1969. – 201 с.
5. Чумак И.Г., Кочетов В.П. и др. Транспортировка и хранение тропических плодов: Учебное пособие. – Одесса. Рефпринтинфо, 2004.– 12 с.
6. Sagar, V.R.; Kumar, P.S. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: A review. J. Food Sci. Technol. 2010, 47, 15–26. [CrossRef] [PubMed]
7. Amjad, W.; Waseem, M.; Munir, A.; Ghafoor, A.; Asghar, F.; Gilani, G.A. Solar Assisted Dehydrator for Decentralized Controlled and Homogeneous Multi-Product Drying. J. Sol. Energy Eng. 2020, 143. [CrossRef]
8. Jia, C.; Wang, L.; Guo, W.; Liu, C. Effect of swing temperature and alternating airflow on drying uniformity in deep-bed wheat drying. Appl. Therm. Eng. 2016, 106, 774–783. [CrossRef]
9. Yuan, Y.P.; Sun, D.W. Combined hot-air and microwave-vacuum drying for improving drying uniformity of mango slices based on hyperspectral imaging visualization of moisture content distribution. Biosyst. Eng. 2017, 156, 108–119.
10. Dr. Ihsan Mustafa Ibrahim ; Comparison of Surface and Drip Irrigation Regimes for Banana (Musa AAA) cv. Grand Nain in Gezira, Sudan; May, 2012. 149.

					<i>КРБ.ХУКП.1.487-03.19</i>	Арк.
						97
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		