

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 у РГС з оптимізацією енерговитрат у м. Херсон

Здобувача Васильєва А.Є.

4 курсу ХМ-741 групи

Керівник к.т.н., доц. Трандафілов В.В.

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

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 28.05.2026 р. протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
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.

«16» березня 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Васильєва Анна Євгеніївна

1. Тема роботи Проект холодильної установки для камери дозрівання бананів у РГС з оптимізацією енерговитрат у м. Херсон

Затверджена наказом ОНТУ від 26.09.2025 р. наказ № 499-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 28.05.2026 р.

3. Вихідні дані роботи

Холодильник розташований у м. Херсон. Будівля холодильника

одноповерхова з висотою камер 5 м, з сіткою колон 6x12 м. Зберігання бананів з

температурним режимом 13°C у регульованому газовому середовищі місткістю

300 т. В якості холодильного агента буде використано R407C та як альтернативний

холодоагент R513A.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Реферат, Вступ, 1. Теоретична частина, 2. Об'ємно-планувальне рішення,

3. Визначення товщини теплоізоляції огорожувальних конструкцій,

4. Розрахунок теплоприпливів через огороження, 5. Тепловий розрахунок та підбір

компресора, 6. Розрахунок повітроохолоджувача. 7. Розрахунок

повітряного конденсатора, 8. Розрахунок діаметрів трубопроводів,

9. Охорона праці, Висновки,

Перелік використаних джерел.

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 видав
Охорона праці	д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.	18.05.2026	22.05.2026

7. Дата видачі завдання 16.03.2026 р.

Керівник Трандафілов В.В.

Завдання прийняв до виконання Васильєва А.Є.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Реферат	20.05-21.05.2026	виконано
2	Вступ	16.03-21.03.2026	виконано
3	Теоретична частина	21.04-22.04.2026	виконано
4	Об'ємно-планувальне рішення	24.04-30.04.2026	виконано
5	Визначення товщини теплоізоляції огорожувальних конструкцій	01.05-05.05.2026	виконано
6	Розрахунок теплоприпливів через огороження	05.05-10.05.2026	виконано
7	Тепловий розрахунок та підбір компресора	12.05-15.05.2026	виконано
8	Розрахунок повітроохолоджувача	16.05-17.05.2026	виконано
9	Розрахунок конденсатора	20.05-23.05.2026	виконано
10	Розрахунок діаметрів трубопроводі	20.05-23.05.2026	виконано
11	Охорона праці	18.05-22.05.2026	виконано
12	Висновки	23.05-24.05.2026	виконано
13	Перелік використаних джерел	20.05-25.05.2026	виконано
14	Підготовка презентації в PowerPoint	23.05-27.05.2026	виконано

Здобувач-дипломник Васильєва А.Є.

Керівник роботи Трандафілов В.В.

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

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

Здобувач-дипломник Васильєва Анна Євгеніївна

РЕФЕРАТ

У кваліфікаційній роботі розроблено холодильну установку для камер дозрівання бананів у регульованому газовому середовищі в м. Херсон. Проект передбачає зберігання та дозрівання до 300 тонн продукції у трьох холодильних камерах розміром 6×12 м кожна.

Виконано розрахунок теплопритоків та визначено необхідну холодопродуктивність камер. На основі отриманих результатів здійснено підбір основного холодильного обладнання, зокрема компресорно-конденсаторного агрегату BITZER LH135E/4NES-20Y та повітроохолоджувачів Alfa Laval.

Проведено порівняльний аналіз холодоагентів R407C та R513A. Встановлено, що застосування холодоагенту R513A дозволяє підвищити холодильний коефіцієнт установки з 4,75 до 4,98, що забезпечує зростання енергоефективності приблизно на 4,8 %. Крім того, використання R513A сприяє суттєвому зниженню впливу на навколишнє середовище завдяки меншому потенціалу глобального потепління. Результатом роботи є технічно та економічно обґрунтований проект холодильної установки для камер дозрівання бананів, що забезпечує необхідні технологічні параметри процесу, зниження енергоспоживання та підвищення екологічної безпеки експлуатації.

Ключові слова: холодильна установка, банани, регульоване газове середовище, дозрівання плодів, холодопродуктивність, R407C, R513A.

ABSTRACT

This thesis describes the design of a refrigeration system for banana ripening chambers in a controlled gas atmosphere in the city of Kherson. The project involves the storage and ripening of up to 300 tonnes of produce in three refrigeration chambers, each measuring 6×12 m.

Heat flux calculations have been performed and the required cooling capacity of the chambers has been determined. Based on the results obtained, the main refrigeration equipment was selected, specifically the BITZER LH135E/4NES-20Y compressor-condenser unit and Alfa Laval air coolers.

A comparative analysis of the refrigerants R407C and R513A was carried out. It was established that the use of R513A refrigerant allows the system's coefficient of performance to be increased from 4.75 to 4.98, resulting in an increase in energy efficiency of approximately 4.8%. Furthermore, the use of R513A contributes to a significant reduction in environmental impact due to its lower global warming potential. The result of this work is a technically and economically sound design for a refrigeration system for banana ripening chambers, which ensures the necessary process parameters, reduced energy consumption and improved environmental safety of operation.

Keywords: refrigeration system, bananas, controlled atmosphere, fruit ripening, cooling capacity, R407C, R513A.

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	Сторінка
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
1. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА	8
2. ОБ`ЄМНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ	40
3. ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ	42
4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖЕННЯ	44
5. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТА ПІДБІР КОМПРЕСОРА	53
6. РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА	59
7. РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА	70
8. РОЗРАХУНОК ДІАМЕТРІВ ТРУБОПРОВОДІВ	77
9. ОХОРОНА ПРАЦІ	78
ВИСНОВКИ	96
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	98

					<i>КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2</i>						
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	<i>Проект холодильної установки для камери дозрівання бананів у РГС з оптимізацією енерговитрат у м. Херсон</i>			Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Васильєва А.Є.								5	98
Перевірів		Трандафілов В.В.									
Н. Контр.		Трандафілов В.В.						ОНТУ гр. ХМ-741			

Вступ

Банан є одним із найпоширеніших фруктів у світі, який займає провідне місце у світовій торгівлі завдяки високому попиту та універсальності використання. Проте особливістю цього продукту є те, що він збирається у зеленому, недозрілому стані, а процес доведення до споживчої кондиції відбувається вже після транспортування. Саме тому холодильні камери для дозрівання бананів є надзвичайно важливим елементом у ланцюгу постачання, забезпечуючи контрольовані умови для рівномірного та якісного дозрівання.

Організація процесу дозрівання потребує точного регулювання температури, вологості та концентрації етилену – природного газу, що стимулює біохімічні процеси у плодах. Використання сучасних холодильних технологій дозволяє не лише гарантувати стабільну якість продукції, але й мінімізувати втрати при зберіганні та транспортуванні. Таким чином, холодильні камери для дозрівання бананів виконують ключову роль у формуванні ефективної системи холодопостачання, яка відповідає вимогам міжнародної торгівлі та стандартам харчової безпеки.

Актуальність теми полягає у необхідності впровадження сучасних технологічних рішень у сфері дозрівання фруктів, що забезпечують оптимальні умови для збереження харчової цінності та органолептичних властивостей бананів. Розробка та вдосконалення систем холодопостачання для цього процесу сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємств харчової промисловості та розширенню можливостей експорту.

Метою даної роботи є дослідження та розробка системи холодильних камер для дозрівання бананів з урахуванням сучасних технологій, що забезпечують енергоефективність, екологічність та високу якість кінцевого продукту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Провести аналіз технологічних вимог до процесу дозрівання бананів у контрольованих умовах.
2. Вивчити сучасні методи регулювання температури, вологості та концентрації етилену у камерах дозрівання.
3. Обґрунтувати вибір холодильного агента та системи холодопостачання для забезпечення стабільних параметрів мікроклімату.
4. Виконати теплотехнічні розрахунки для визначення теплопритоків та необхідної холодопродуктивності системи.
5. Розробити схему холодильного обладнання та системи автоматичного контролю параметрів.
6. Оцінити енергоефективність та економічну доцільність впровадження запропонованої системи.
7. Сформулювати рекомендації щодо практичного застосування холодильних камер для дозрівання бананів у промислових умовах.

В умовах глобалізації та зростання обсягів міжнародної торгівлі питання ефективного зберігання та дозрівання бананів набуває особливої актуальності. Від якості цього процесу залежить не лише задоволення споживачів, але й економічні показники підприємств, що займаються імпортом та реалізацією фруктів. Невідповідність технологічних параметрів може призвести до значних втрат продукції, зниження її товарного вигляду та смакових характеристик.

Сучасні холодильні камери для дозрівання бананів поєднують у собі інноваційні рішення в галузі холодопостачання, автоматизації та енергозбереження. Використання систем моніторингу та регулювання параметрів мікроклімату дозволяє забезпечити стабільність процесу та досягти високої однорідності дозрівання плодів. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції на ринку та відповідає вимогам сучасних стандартів якості.

Таким чином, дослідження та розробка ефективних систем холодильних камер для дозрівання бананів є важливим завданням сучасної інженерії та харчової промисловості.

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Теоретична частина

1.1 Актуальність теми.

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.1.499-03.3.2	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.1.499-03.3.2	Арк.
						9
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.1.499-03.3.2	Арк.
						10
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 (МАР):* Впровадження МАР 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.1.499-03.3.2	Арк.
						11
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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						12
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. Загальновизнано, 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 CO₂+ 5 кПа O₂ 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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						13
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 (ILOS), 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.1.499-03.3.2	Арк.
						14
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.1.499-03.3.2	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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.

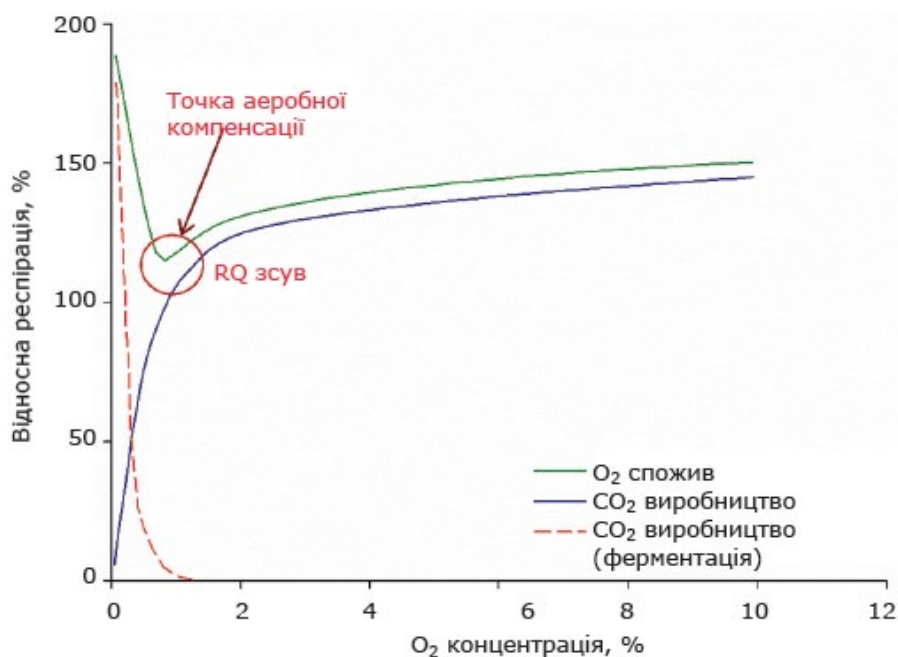


Рис. 1.1. Вплив концентрації кисню на споживання кисню та утворення вуглекислого газу у свіжих продуктах

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.1.499-03.3.2	Арк.
						17
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.

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.

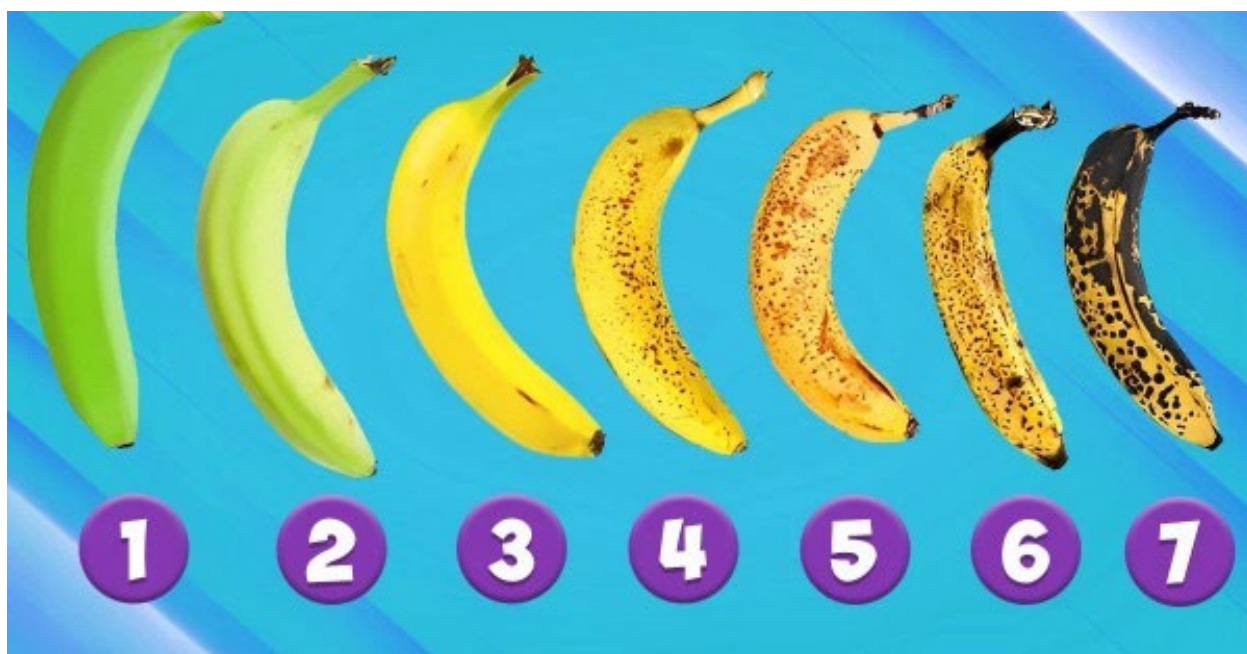


Рис.1.3 Етапи дозрівання бананів.

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

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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 Екватору. 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 Екваторі, таких ящиків може бути половина контейнера і це теж ЧП.

Також з цікавого, є харчова цінність бананів:

Табл. 1 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 газації 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 газації. Товару дозрівати на місці.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Що стосується газових умов, найбільш вигідні гази з подвійним низьким вмістом з вмістом O₂ та CO₂ 1–4%. В умовах подвійного високого рівня газу 5–15% O₂ та CO₂ 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 O₂ або CO₂.

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.1.499-03.3.2	Арк.
						22
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 розміщенні 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.1.499-03.3.2	Арк.
						23
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.1.499-03.3.2	Арк.
						24
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 згорання 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 (CO₂), 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.1.499-03.3.2	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підтримувати температуру і відносну вологість на рівнях, зазначених в попередньому пункті;
- забезпечувати адекватний обмін повітря для видалення CO₂.

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 CO₂, 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.1.499-03.3.2	Арк.
						26
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.1.499-03.3.2	Арк.
						27
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.1.499-03.3.2	Арк.
						28
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 2. Причини дефектного дозрівання бананів

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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	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"> - желеподібність соку, який перестає виділятися; - побуріння ділянок лактозних каналів шкіри при поперечному зрізі плоду; - поява коричневих смуг при знятті смужки шкіри у поздовжньому напрямку на одній з зовнішніх сторін банана. <p>В залежності від ступеня погіршення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - фрукти, злегка пошкоджені холодом, дозрівають з труднощами і мають блідий колір; - плоди, сильно пошкоджені холодом, не дозрівають зовсім або дозрівають з помітними дефектами.

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.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

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 O₂ 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 O₂ (L-O₂) не за рахунок зниження концентрації O₂, а за рахунок зменшення щільності газу. Контролюючи рівень вакууму в камері зберігання, можна отримати різні середовища L-O₂. 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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						31
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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						32
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.1.499-03.3.2	Арк.
						33
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 O₂ та CO₂. 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.

1.7. 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 CO₂, конвертер етилену, устаткування для вимірювання газу.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.4 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 CO₂ 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 (CO₂, CO, NO_x, SO₂, C₂H₂, і.т.д.), доступні в двох версіях: пересувні або нерухомо закріплені (на борту судна, в

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						35
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 м³/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 CO₂

Регулювання складу газового середовища в холодильних камерах проводиться за допомогою скрубєрів - спеціальних очищувачів, що поглинають надлишок CO₂. У скрубєрі повітря з камери може циркулювати по замкнутому колу, підтримуючи вміст CO₂, 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.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 1.5 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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

реакторі.

- Не впливати на термобаланс камер зберігання.



Рис. 1.6 Каталітичний конвертер етилену

Характеристика каталітичного конвертеру:

Продуктивність – 150 м³/год;

Споживана потужність – 1,1 кВт.

Додаткове устаткування.

Система управління.

Система управління вимірює і реєструє рівень O₂ і CO₂ і управляє роботою скрубєрів CO₂ і O₂. 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.1.499-03.3.2	Арк.
						38
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 м² на 100 м³ 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.1.499-03.3.2</i>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Об'ємно-планувальне рішення

Вантажний обсяг, який нам потрібен: $V_H = 300$ т

q_v – питома норма завантаження $q_v = 0,35$ т/м³

Об'єм приміщення

$$V_{zp} = \frac{V_H}{q_v} = \frac{300}{0.35} = 857 \text{ м}^3$$

Грузова висота штабеля

Висота приміщення від пола до низу несущих конструкцій

$$h_{гр} = h_{ст} - 1 = 5 - 1 = 4 \text{ м. [1]}$$

Вантажна площа камер

$$F_{zp} = \frac{V_{zp}}{h_{zp}} = \frac{857}{4} = 214 \text{ м}^2$$

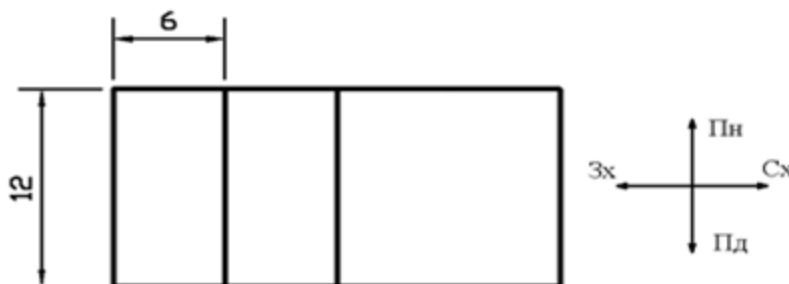
Будівельна площа камер

Коефіцієнт використання будівельної площ камер $\beta = 0,8$

$$F_{стп} = \frac{F_{zp}}{\beta} = \frac{214}{0.8} = 268 \text{ м}^2$$

Кількість будівельних прямокутників

$$n = \frac{F_{стп}}{6 \cdot 12} = \frac{268}{72} = 3,72 \text{ приймаємо } 4 \text{ будівельні прямокутники}$$



					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Визначення маси вантажів

Площа камер

$$F=a \cdot b(m^2)$$

де (a) – ширина камери, м., а (b) – довжина, м., данні зведемо в таблицю №1

Таблиця 1. Площа камер

№ камери	1	2	3
F площа м ²	72	72	144

Місткість камери в тоннах умовного вантажу

$$G=\beta \cdot F \cdot h_{гр} \cdot q_v=0.8 \cdot 72 \cdot 0.35 \cdot 4=80.6 \text{ т.}$$

Зводимо для всіх камер получені данні в таблицю №2

Таблиця 2. Місткість камер

№ камери	1	2	3
G міс-ть т.	80.6	80.6	161,2

3.Визначення товщини теплоізоляції огорожувальних конструкцій

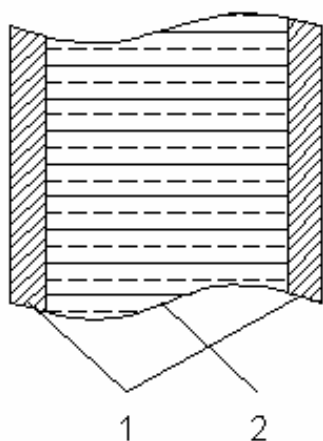
Огороджувальна конструкцій холодильника (стіни, стеля) зроблена із 3-х слойних алюмінієвих панелей типу "Сендвіч" товщиною 100 мм. з використанням, як ізоляції пенополіуретана марки "PIR" об'ємною масою 60 кг/м³. Габаритні розміри панелей: 120x1200x1500. Кровля холодильника виготовлена із сталюго профільованого метаріалу, вложеного по прогонам.

Знаходимо товщину ізоляції для внутрішніх перегородок

α_3 и α_K - розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі з зовнішнього і внутрішнього боків огородження;

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

λ_{i3} - розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності обраного ізоляційного матеріалу огородження.



1. Алюмінієвий лист

$$\delta = 0.001 \text{ м}, \lambda = 204 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

2. Теплоізоляція "Снепур"

$$\delta = 0.1 \text{ м}, \lambda = 0.035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

$$k_{sc} = 0.394 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}). [1]$$

Коефіцієнт теплопередачі внутрішніх стін, перегородок між охолоджуючими приміщеннями

$$k_{вн} = 0.5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Тоді вибираємо $\alpha_3=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ та $\alpha_K=9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [1]

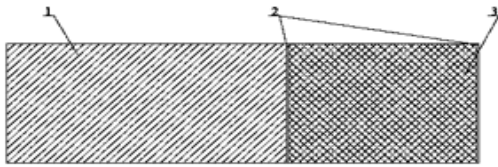
					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{k_{вн}} - \left[\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda} \right) + \frac{1}{\alpha_3} \right] \right] = \left[\frac{1}{0.5} - \left[\frac{1}{9} + \left(\frac{0.001^2 \cdot 2}{204} \right) + \frac{1}{9} \right] \right] = 0.62 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляції рівної 0.1 м., знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі.

$$k_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda} \right) + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{из}}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \left(\frac{0.001 \cdot 2}{204} \right) + \frac{1}{9} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.331 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Знаходимо товщину ізоляції для зовнішніх стін



1. Кладка кирпична на цементном розчині

$$\delta_1 = 0.38 \text{ м}, \lambda_1 - 0.81 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

2. Алюмінієвий лист

$$\delta_2 = 0.001 \text{ м}, \lambda_2 - 204 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

3. Теплоізоляція "ПСБ-С" $\lambda - 0.035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$

Тоді вибираємо $\alpha_3=11$ та $\alpha_k=23$ [1]

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{k_{зс}} - \left[\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda_1} + \frac{\delta_2 \cdot 2}{\lambda_2} \right) + \frac{1}{\alpha_3} \right] \right] = \left[\frac{1}{0.394} - \left[\frac{1}{11} + \left(\frac{0.001 \cdot 2}{204} + \frac{0.38}{0.81} \right) + \frac{1}{23} \right] \right] = 0.084 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляції рівною 0.1 м., знаходимо дійсний коефіцієнт теплопередачі.

$$k_o = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_k} + \left(\frac{\delta_1 \cdot 2}{\lambda_1} + \frac{\delta_2 \cdot 2}{\lambda_2} \right) + \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{из}}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{11} + \left(\frac{0.001 \cdot 2}{204} + \frac{0.38}{0.81} \right) + \frac{1}{23} + \frac{0.1}{0.035}} = 0.285 \text{ Вт}/(\text{м}^2$$

·К)

Підлога охолоджуваних приміщень

Підлога охолоджуваних приміщень, знаходиться на ґрунті, не маючого обігріву. По периметру засипана ізоляція - гравій керамзитовий, шириною 2м. товщиною 0,5 м.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4. Розрахунок теплоприпливів через огороження

Q_1 - теплоприливи скрізь огороження охолоджуваних об'єктів[1];

Q_{1T} - теплоприлив від різниці температур по обох боках огорожень;

Q_{1C} - теплоприлив від сонячного опромінення зовнішніх огорожень;

t_3 - температура зовнішнього середовища або сусіднього, більш теплого приміщення;

t_k - температура охолоджуваного об'єкта;

k - розрахунковий коефіцієнт теплопередачі для даного огороження;

F - площа поверхні даного огороження.

$$Q_{1T} = k \cdot F \cdot (t_3 - t_k)$$

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}$$

Δt_c - надлишкова різниця температур від впливу прямого сонячного випромінювання на дане огороження.

$$Q_{1C} = k \cdot F \cdot \Delta t_c$$

r - коефіцієнт проникності, що залежить від масивності огороження, що опромінюється сонцем;

q_c - розрахункова напруга сонячного випромінювання для літнього періоду;

ε_c - коефіцієнт поглинання сонячного випромінювання поверхнею огороження;

α_3 - коефіцієнт тепловідачі від нагрітої сонцем поверхні огороження в навколишній простір.

w - швидкість повітря, 2.5 м/с

$p=0.75$ [1]

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$\alpha_3 = 2.3 + 11.6\sqrt{w} = 20.6$$

Для стінки

$$q_c = 342 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Sigma_c = 0.26$$

$$\Delta t = p \cdot \frac{q_c \cdot \Sigma_c}{\alpha_3} = 0.75 \cdot \frac{342 \cdot 0.26}{20.6} = 3.23 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для покрівлі

$$q_{c1} = 820 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Sigma_{c1} = 0.26$$

$$\Delta t_1 = p \cdot \frac{q_{c1} \cdot \Sigma_{c1}}{\alpha_3} = 0.75 \cdot \frac{820 \cdot 0.26}{20.6} = 7.74 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зводимо данні в таблицю №3

Таблиця 3. Теплоприпливи через огороження.

№ Камери	Огородже ння	K Вт/м ² К	F м ²	t _з °C	t _к °C	Δt °C	Δt _c °C	Q Вт
	Стіна пн.	0.285	30	33	1	32		282
	Стіна пд.	0.285	30	33	1	32		282
	Стіна зх.	0.285	60	33	1	32	3.23	620
1 камера	Стіна сх.	0.331	60	1	1	0		20
	Покриття	0.285	72	33	1	32	7,747	836
	Підлога 1	0.48	72	33	1	32		1141
	Σ							3181
	Стіна пн.	0.285	30	33	1	32		223
	Стіна пд.	0.285	30	33	1	32		223
	Стіна зх.	0.331	60	1	1	0		0
2 камера	Стіна сх.	0.331	60	1	1	0		0
	Покриття	0.285	72	33	1	32	7,747	804
	Підлога 1	0.48	72	33	1	32		1106
	Σ							2356
	Стіна пн.	0.285	60	33	1	32		496
	Стіна пд.	0.285	60	33	1	32		496
	Стіна зх.	0.331	60	1	1	0		60
3 камера	Стіна сх.	0.331	60	1	1	0		60
	Покриття	0.285	144	33	1	32	7,747	1509
	Підлога 1	0.48	144	33	1	32		2005
	Σ							4626

Розрахунок теплоприливів від вантажів при їх холодильній обробці

G_H - добове надходження вантажу на холодильну обробку, т/добу;

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

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

$\tau_{Ц}$ - тривалість циклу холодильної обробки, з урахуванням завантаження і вивантаження продукту (години);

τ_p - тривалість робочого періоду (години), тобто фактичний час протягом якого споживається холод.

Для всіх камер підбираємо значення ентальпій вантажу

Камера №1 $h_1=346.5$ кДж/кг, $h_2=271.7$ кДж/кг [1]

Камера №2 $h_1=346.5$ кДж/кг, $h_2=272.9$ кДж/кг

Камера №3 $h_1=346.5$ кДж/кг, $h_2=286.7$ кДж/кг

Добове надходження вантажу приймаємо 8%

$G_H=G \cdot 0.08$ зводимо дані в таблицю №4

Таблиця 4. Добове надходження продукту до камер

№ камери	1	2	3
G добове надходження т.	6.45	6.45	12.9

Оскільки холодильна обробка безперервної дії то $\tau_{Ц}/\tau_p$ рівно 1, тоді

$$Q_{21} = \frac{G_H \cdot (h_1 - h_2)}{0.0864} = \frac{6.45 \cdot (346.5 - 271.7)}{0.0864} = 5.6 \text{ кВт},$$

$$Q_{21} = \frac{G_H \cdot (h_1 - h_2)}{0.0864} = \frac{6.45 \cdot (346.5 - 272.9)}{0.0864} = 5.5 \text{ кВт}$$

$$Q_{21} = \frac{G_H \cdot (h_1 - h_2)}{0.0864} = \frac{6.45 \cdot (346.5 - 286.7)}{0.0864} = 4,5 \text{ кВт}$$

для інших камер отримані данні зводимо в таблицю №5

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5. Теплоприпливи від продукту при холодильній обробці.

№ камери	1	2	3
Q ₂₁ кВт	5.6	5.5	4,5

Добове надходження тари на холодильну обробку (т/добу) для картонної приймаємо 10%

Питома теплоємність

$$c_1=1.46 \text{ Кдж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), c_2=1.46 \text{ Кдж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) [1]$$

$$G_{\text{тар}} = G_{\text{Н}} \cdot 0.1 = 6.45 \cdot 0.1 = 0.645 \text{ т/добу, зведемо данні в таблицю №6}$$

Таблиця 6. Добове надходження тари

№ камери	1	2	3
G _{тар} Т/добу	0.645	0.645	1.29

Теплоприлив від тари

t₃ – зовнішня температура

$$Q_{2m} = G_{\text{тар}} \cdot \frac{(c_1 \cdot t_3 - c_2 \cdot t)}{0.0864} = 0.645 \cdot \frac{(1.46 \cdot 33 - 1.46 \cdot 1)}{0.0864} = 0.348 \text{ кВт},$$

зводимо данні в таблицю №7

Таблиця 7. Теплоприпливи від тари

№ камери	1	2	3
Q _{2т} кВт	0.348	0.348	0.696

Знаходимо сумарний теплоприлив від вантажів

$$Q_2 = Q_{21} + Q_{2т} = 5.6 + 0.348 = 5.95 \text{ кВт},$$

$$Q_2 = Q_{22} + Q_{2т} = 5.56 + 0.348 = 5.91 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = Q_{23} + Q_{2т} = 4.5 + 0.696 = 5.2 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

зводимо в таблицю №8

Таблиця 8. Сумарний теплоприплив від вантажів.

№ камери	1	2	3
Q ₂ кВт	5,95	5,91	5,2

Розраховуємо теплоприлив із зовнішнім повітрям при вентиляції охолоджуваних приміщень, де

V₆ - Будівельний об'єм вентиляованого приміщення, м³;

α - кратність повітрообміну за добу, 4 [1];

ρ_к - щільність повітря при температурі і відносній вологості охолоджуваного приміщення, кг/м³;

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

h_к - ентальпія повітря при температурі і відносній вологості в охолоджувальному приміщенні кДж/кг;

τ - щодобовий інтервал часу, протягом якого здійснюють вентиляцію камери, години [1], 8 год.

Для всіх камер V₆ розраховуємо:

$$V_{61}=12\cdot 6\cdot 5=360 \text{ м}^3$$

$$V_{62}=12\cdot 6\cdot 5=360 \text{ м}^3$$

$$V_{63}=12\cdot 12\cdot 5=720 \text{ м}^3$$

Вибираємо данні з h-d діаграми

ρ - 1.1 км/м³; h_з - 28 кДж/кг; h_к - 5 кДж/кг, тоді

$$Q_{31} = \frac{V_6 \cdot \alpha \cdot \rho_k \cdot (h_z - h_k)}{3.6 \cdot \tau} = \frac{360 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot (28 - 5)}{3.6 \cdot 8} = 1.26 \text{ кВт}$$

$$Q_{32} = \frac{V_6 \cdot \alpha \cdot \rho_k \cdot (h_z - h_k)}{3.6 \cdot \tau} = \frac{360 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot (28 - 5)}{3.6 \cdot 8} = 1.26 \text{ кВт}$$

$$Q_{33} = \frac{V_6 \cdot \alpha \cdot \rho_k \cdot (h_z - h_k)}{3.6 \cdot \tau} = \frac{720 \cdot 4 \cdot 1.1 \cdot (28 - 5)}{3.6 \cdot 8} = 2.52 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Розрахунок теплоприливів від різних джерел

Теплоприлив від електричного освітлення

q - питома норма потужності світильників, 3 Вт;

j - коефіцієнт одночасно працюючих світильників, 1;

F_6 - ,будівельна площа охолоджуваного приміщення, м²;

для камер 1 та 2

$$Q_{41} = q \cdot j \cdot F_6 = 3 \cdot 1 \cdot 72 = 0.26 \text{ кВт},$$

для камери 3

$$Q_{41} = q \cdot j \cdot F_6 = 3 \cdot 1 \cdot 144 = 0.52 \text{ кВт}$$

Теплоприлив від електричних двигунів

$Q_{42} = Q_1 + Q_2 + Q_3$ - сума розрахованих теплоприливів для камери

m - коефіцієнт, зумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодовидатності повітроохолоджувача, 0.06 [1].

$$Q_{42} = 1.2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m = 1.2 \cdot (3,181 + 5.951 + 1.26) \cdot 0.06 = 0.73 \text{ кВт}$$

$$Q_{42} = 1.2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m = 1.2 \cdot (2.356 + 5.91 + 1.26) \cdot 0.06 = 0.69 \text{ кВт}$$

$$Q_{42} = 1.2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m = 1.2 \cdot (4.621 + 5.2 + 2,52) \cdot 0.06 = 0.89 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №9

Таблиця 9. Теплоприливи від електродвигунів.

№ камери	1	2	3
Q_{42} кВт	0.73	0.69	0.89

Теплоприлив від працюючих людей

n - кількість працюючих людей, 2 чол

					<i>КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

q_3 - тепловиділення однієї працюючої людини, кВт

$$q_3 = 0.270 - 6 \cdot t = 270 - 6 \cdot 1 = 0.264 \text{ кВт}$$

$$Q_{43} = q_3 \cdot n = 0.264 \cdot 2 = 0.528 \text{ кВт}$$

Для всіх камер однаковий буде теплоприлив

Теплоприлив від відкритих дверей [1]

B - питома витрата холоду при відкритих дверях, 9

Для камер 1 та 2

$$Q_{44} = B \cdot F_6 \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 72 \cdot 10^{-3} = 0.648 \text{ кВт}$$

Для камери 3

$$Q_{44} = B \cdot F_6 \cdot 10^{-3} = 9 \cdot 144 \cdot 10^{-3} = 1,3 \text{ кВт}$$

Сума теплоприливів

для камери 1

$$Q_4 = Q_{41} + Q_{42} + Q_{43} + Q_{44} = 0.26 + 0.73 + 0.528 + 0.648 = 2.156 \text{ кВт}$$

для камери 2

$$Q_4 = Q_{41} + Q_{42} + Q_{43} + Q_{44} = 0.26 + 0.69 + 0.528 + 0.648 = 2.126 \text{ кВт}$$

для камери 3

$$Q_4 = Q_{41} + Q_{42} + Q_{43} + Q_{44} = 0.52 + 0.89 + 0.528 + 1,3 = 3.238 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №10

Таблиця 10. Теплоприливи від різних джерел

№ камери	1	2	3
Q_4 кВт	2.156	2.126	3.238

Розрахунок теплоприливів від дихання плодів

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

q_t і q_0 - питомі тепловиділення плодів при температурах плодів °С

b - температурний коефіцієнт швидкості дихання °С⁻¹

для яблук $q_0=33$ Вт/т, $b=0.1277$ °С⁻¹

для яблук $q_0=20$ Вт/т, $b=0.1277$ °С⁻¹

для яблук $q_0=20$ Вт/т, $b=0.1277$ °С⁻¹

q_{t1} - питомі тепловиділення плодів і овочів при температурі їхнього надходження в камеру Вт/т;

q_{t2} - питомі тепловиділення плодів і овочів при температурі їхнього збереження в камеру Вт/т

Яблука

$$q_{t1} = q_0 \cdot e^{b \cdot t_3} = 33 \cdot e^{0.1277 \cdot 33} = 2,2 \text{ кВт}$$

$$q_{t2} = q_0 \cdot e^{b \cdot t} = 33 \cdot e^{0.1277 \cdot 0} = 0,033 \text{ кВт}$$

$$Q_5 = G_1 (0,1 \cdot q_{t1} + 0,9 \cdot q_{t2}) = 80,64 (0,1 \cdot 2,2 + 0,9 \cdot 0,033) = 20,2 \text{ кВт}$$

Яблука

$$q_{t1} = q_0 \cdot e^{b \cdot t_3} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 33} = 1,15 \text{ кВт}$$

$$q_{t2} = q_0 \cdot e^{b \cdot t} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 4} = 0,033 \text{ кВт}$$

$$Q_5 = G_1 (0,1 \cdot q_{t1} + 0,9 \cdot q_{t2}) = 161,3 (0,1 \cdot 1,15 + 0,9 \cdot 0,033) = 23,3 \text{ кВт}$$

Яблука

$$q_{t1} = q_0 \cdot e^{b \cdot t_3} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 33} = 1,15 \text{ кВт}$$

$$q_{t2} = q_0 \cdot e^{b \cdot t} = 20 \cdot e^{0.1277 \cdot 1} = 0,023 \text{ кВт}$$

$$Q_5 = G_1 (0,1 \cdot q_{t1} + 0,9 \cdot q_{t2}) = 80,64 (0,1 \cdot 1,15 + 0,9 \cdot 0,023) = 11,6 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №11

Таблиця 11. Теплоприпливи від дихання плодів

					<i>КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ камери	1	2	3
Q ₅ , кВт	20,2	11,6	23,3

Розрахункове теплове навантаження охолоджувальних приладів

$$Q_{6\text{кам}1}=(Q_1+ Q_2+ Q_3+ Q_4+ Q_5) \cdot 1.1=(3,181+ 5.95+ 1.26+ 2,156+ 20,2) \cdot 1.1=36 \text{ кВт}$$

$$Q_{6\text{кам}2}=(Q_1+ Q_2+ Q_3+ Q_4+ Q_5) \cdot 1.1=(2.356+ 5.91+ 1.26+ 2,126+ 11,6) \cdot 1.1=25,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{6\text{кам}3}=(Q_1+ Q_2+ Q_3+ Q_4+ Q_5) \cdot 1.1=(4,626+ 5.2+ 2.62+ 3,238+ 23,3) \cdot 1.1=43 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №12

Таблиця 12. Розрахункове навантаження на прилади охолодження

№ камери	1	2	3
Q ₆ , кВт	36	25,6	43

Розрахункове теплове навантаження на компресор

b - коефіцієнт робочого часу компресорів, 0.6 [1];

ε₁ - коефіцієнт втрат при транспортуванні холоду, 1.1 [1].

$$Q_{7\text{кам}1}=Q_1+ Q_2+ Q_3+ Q_4 \cdot 0.5+ Q_5=3,181+ 5.95+ 1.26+ 2,156 \cdot 0,5+ 20,2=31,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{7\text{кам}2}=Q_1+ Q_2+ Q_3+ Q_4 \cdot 0.5+ Q_5=2.356+ 5.91+ 1.26+ 2,126 \cdot 0,5+ 11,6=22,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{7\text{кам}3}=Q_1+ Q_2+ Q_3+ Q_4 \cdot 0.5+ Q_5=4,626+ 5.2+ 2.62+ 3,238 \cdot 0,5+ 23,3=37,4 \text{ кВт}$$

Зводимо данні в таблицю №13

Таблиця 13. Розрахункове теплове навантаження на компресор

№ камери	1	2	3
Q ₇ , кВт	31,6	22,2	37,4

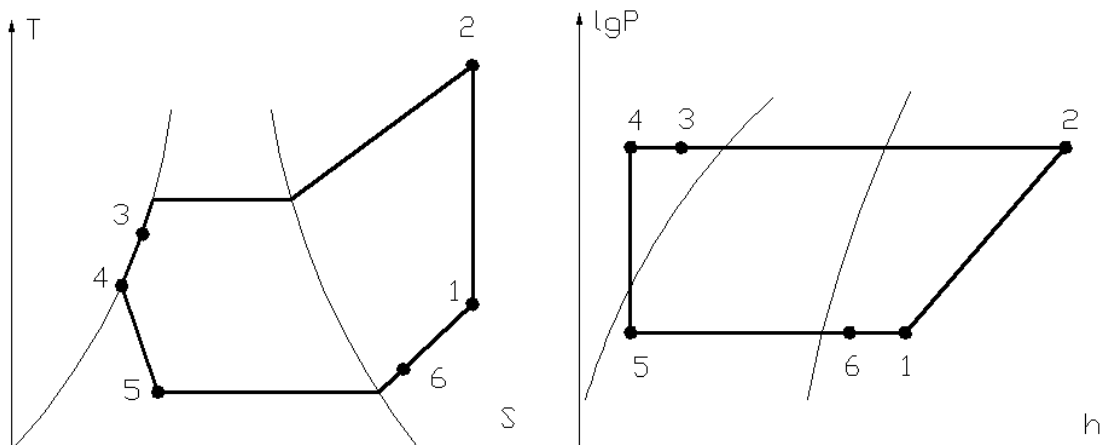
Сума всіх теплових навантажень

$$Q_8=Q_{71}+ Q_{72}+ Q_{73}+ Q_{74}=31,6+22,2+37,4=91,2 \text{ кВт}$$

n – кількість компресорів, 6 шт.

$$Q_{\text{км}}=(\varepsilon_1/ b \cdot n) \cdot Q_8=(1.1/ 0.6 \cdot 6) \cdot 91,2=27.9 \text{ кВт}$$

5. Тепловий розрахунок та підбір компресора



R 407 C

$$t_k = 42^\circ\text{C}, P_k = 1,6 \text{ МПа}$$

$$t_3 = t_k - \Delta t_k = 42 - 5 = 37^\circ\text{C}$$

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{\text{пер}} = 5 + 5 = 10^\circ\text{C}$$

Таблиця 14 - Параметри холодильного агенту

№ точки	t , °C	P , МПа	V , м ³ /кг	h , кДж/кг
1	10	0,536	0,045	420
2	56	1.6	-	448
3	42	1.6	-	258
4	37	1.6	-	249
5	5	0,425	-	249
6	5	0,425	-	416

$$Q_{\text{кМ}}^{0(\text{охл})} = 27,9 \text{ кВт}$$

1. Питома масова холодопродуктивність

$$q_0 = h_6 - h_5 = 416 - 249 = 167 \text{ кДж / кг}$$

2. Питома об'ємна холодопродуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 167 / 0,045 = 3711 \text{ кДж / кг}$$

3. Витрата пари

$$M_{A(охл)} = Q_0 / q_0 = 27,9 / 167 = 0,167 \text{ кг} / \text{с}$$

4. Питоме тепло конденсації

$$q_K = i_2 - i_3 = 448 - 258 = 190 \text{ кДж} / \text{кг}$$

5. Тепловий потік в конденсаторі

$$Q_{K(охл)} = M_A * q_K = 0,167 * 190 = 31,73 \text{ кВт}$$

6. Питома адіабатна робота компресора

$$l = h_2 - h_1 = 448 - 420 = 28 \text{ кДж} / \text{кг}$$

7. Дійсна об'ємна продуктивність

$$V_{D(охл)} = M_A * v_1 = 0,167 * 0,045 = 0,0075 \text{ м}^3 / \text{с}$$

8. Коефіцієнт подачі, що враховує вплив мертвого простору

$$\lambda_c = 1 - c * \left[\left(\frac{P_K}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,015 * \left[\left(\frac{1,6}{0,536} \right)^{\frac{1}{1,05}} - 1 \right] = 0,97$$

9. Коефіцієнт, що враховує об'ємні втрати

$$\lambda'_w = (T_0 + \theta) / (\alpha * T_K + \beta * \theta) = (278 + 37) / (1,12 * 315 + 0,5 * 37) = 0,85$$

10. Коефіцієнт подачі

$$\lambda = \lambda_c * \lambda'_w = 0,97 * 0,85 = 0,82$$

11. Теоретичний об'єм, описаний поршнями

$$V_{h(охл)} = 0,0075 / 0,82 = 0,0091 \text{ м}^3 / \text{с}$$

12. Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a * l = 0,167 * 28 = 4,676 \text{ (кВт)}$$

13. Індикаторна потужність компресора

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i} = \frac{N_a}{\lambda'_w + b * t_0} = \frac{4,676}{0,85 + 0,0025 * 5} = 5,42 \text{ (кВт)}$$

14. Потужність тертя:

$$N_{mp} = P_{mp} * V_h = 50 * 0,0091 = 0,455 \text{ (кВт)}$$

15. Ефективна потужність компресора:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$N_e = N_{тр} + N_i = 5,42 + 0,455 = 5,875 \text{ (кВт)}$$

16. Теоретичний коефіцієнт перетворення

$$COP_{теор} = \frac{q_0}{w} = \frac{167}{28} = 5,96$$

17. Коефіцієнт перетворення циклу Карно:

$$COP_{карно} = \frac{T_0}{T_K - T_0} = \frac{278}{315 - 278} = 7,51$$

18. Теоретичний ступінь термодинамічної досконалості:

$$\eta_{СТС}^{теор} = \frac{COP_{теор}}{COP_{карно}} = \frac{5,96}{7,51} = 0,79$$

19. Дійсний коефіцієнт перетворення:

$$COP_{д} = \frac{Q_0}{N_e} = \frac{27,9}{5,875} = 4,75$$

20. Дійсний ступінь термодинамічної досконалості:

$$\eta_{СТС}^д = \frac{COP_{д}}{COP_{карно}} = \frac{4,75}{7,51} = 0,63$$

Підбираю поршневий компресорно-конденсаторний агрегат BITZER LH135E/4NES-20Y. Технічні характеристики представлені в таблиці 15.

Таблиця 15 - Параметри компресорно-конденсаторного агрегату

Unit type		LH135E/4NES-20Y
Series		Standard
Refrigerant		R407C
Reference temperature		Dew point temp.
Evaporating SST		5,00 °C
Ambient temp.		42,0 °C
Suction gas temperature		10,00 °C
Useful superheat		100%
Operating mode		Auto
Power supply		400V-3-50Hz
Capacity control		100%

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Cooling capacity	36,2	kW
Evaporator capacity	36,2	kW
Power input	15,41	kW
Current (400V)	25,2	A
Voltage range	380-420V	
Mass flow	977	kg/h
Condensing SDT	60,2	°C
Liquid subcooling	3	K
Operating mode	Standard	

Порівняння холодильних агентів R407C та R513A

З метою оцінки можливості заміни холодоагенту R407C було проведено тепловий розрахунок холодильної машини за однакових умов роботи для альтернативного холодоагенту R513A. Розрахунки виконувались при температурі кипіння $t_0=5^\circ\text{C}$, температурі конденсації $t_k=425^\circ\text{C}$, перегріві пари на всмоктуванні 5 K та переохолодженні рідкого холодоагенту 5 K. Холодопродуктивність установки в обох випадках становила 27,9 кВт.

Основною метою порівняння було визначення впливу заміни холодоагенту на енергетичну ефективність установки та її експлуатаційні характеристики. Для кожного холодоагенту були визначені параметри циклу, масова витрата холодоагенту, питома холодопродуктивність, споживана потужність компресора та холодильний коефіцієнт (COP).

Аналіз результатів показав, що при роботі на R513A холодильна машина забезпечує дещо вищу енергетичну ефективність порівняно з R407C. Розрахунковий холодильний коефіцієнт для R407C склав:

$$\text{COP}_{\text{R407C}} = 4,75$$

тоді як для R513A:

$$\text{COP}_{\text{R513A}} = 4,98$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, збільшення холодильного коефіцієнта становить:

$$\Delta COP = \frac{(4,98 - 4,75)}{4,75} \times 100\% = 4,84\%$$

Отриманий результат свідчить про зменшення питомих витрат електроенергії при використанні R513A. Підвищення COP обумовлене більш сприятливими термодинамічними властивостями холодоагенту, що дозволяють знизити роботу стискання компресора при збереженні необхідної холодопродуктивності.

Крім енергетичних показників, важливою перевагою R513A є його значно нижчий потенціал глобального потепління (GWP). Для R407C значення GWP становить близько 1770, тоді як для R513A — близько 630. Це означає зменшення впливу на навколишнє середовище майже на 65 %, що відповідає сучасним вимогам щодо скорочення використання високопарникових фторвмісних холодоагентів.

Проведене порівняння показало, що холодоагент R513A може розглядатися як ефективна альтернатива R407C для досліджуваної холодильної машини. При однакових режимних параметрах роботи використання R513A забезпечує підвищення холодильного коефіцієнта з 4,75 до 4,98, що відповідає збільшенню енергоефективності приблизно на 4,8 %. Одночасно спостерігається суттєве зниження екологічного впливу завдяки меншому значенню потенціалу глобального потепління. Отримані результати підтверджують доцільність використання R513A як перспективної заміни R407C у холодильних установках середньотемпературного призначення.

Після виконання теплового розрахунку холодильної машини на холодоагенті R513A було проведено перевірку можливості використання того ж компресорно-конденсаторного агрегату, що був обраний для роботи на R407C. Аналіз показав, що розрахункові параметри циклу для обох холодоагентів є близькими за значеннями, а необхідна холодопродуктивність установки становить 27,9 кВт в обох випадках.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для реалізації системи було обрано поршневий компресорно-конденсаторний агрегат BITZER LH135E/4NES-20Y, оснащений напівгерметичним чотирициліндровим компресором 4NES-20Y. Даний агрегат призначений для роботи з широким спектром холодильних агентів, серед яких присутні як R407C, так і сучасні альтернативні холодоагенти, включаючи R513A.

Отримані результати розрахунку показали, що при переході від R407C до R513A не виникає необхідності у зміні типорозміру компресора або компресорно-конденсаторного агрегату. Значення холодопродуктивності, масової витрати холодоагенту та споживаної потужності знаходяться в межах робочого діапазону агрегату BITZER LH135E/4NES-20Y. Тому для обох варіантів холодильної машини приймається однакове компресорне обладнання.

Використання одного й того ж компресорно-конденсаторного агрегату для двох різних холодоагентів дозволяє виконати коректне порівняння їх енергетичних характеристик, оскільки всі відмінності в роботі установки обумовлені виключно властивостями робочої речовини. Це також підтверджує можливість переходу з R407C на R513A без суттєвих конструктивних змін основного холодильного обладнання, що є важливою перевагою при модернізації існуючих холодильних систем.

У результаті проведеного аналізу для обох холодоагентів прийнято компресорно-конденсаторний агрегат BITZER LH135E/4NES-20Y, а порівняння показників ефективності здійснюється за незмінних характеристик холодильного обладнання. Це дозволяє об'єктивно оцінити вплив заміни холодоагенту R407C на R513A на енергетичні та екологічні показники холодильної установки.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

6. Розрахунок повітроохолоджувача

Розрахунок повітроохолоджувача для камер з $t_{КАМ} = 13^{\circ}C$

При проведенні розрахунку приймаю наступні параметри:

теплове навантаження

$$Q_0^{КАМ.№1} = 36кВт$$

$$Q_0^{КАМ.№2} = 25,6кВт$$

$$Q_0^{КАМ.№3} = 43кВт$$

температура повітря в приміщенні, що охолоджує $t_k = 13^{\circ}C$;

відносна вологість повітря в камері $\varphi = 90\%$

робоче тіло R407C

Геометричні розміри ребристої труби повітроохолоджувача, виготовленого методом литва під тиском:

труба:

зовнішній діаметр $d_{ТР} = 0.025м$;

внутрішній діаметр $d_{ВН} = 0.02м$;

товщина стінки $\delta_T = 0,0025м$

матеріал (сталь) $\lambda_T = 45Вт / (м * К)$

ребро:

висота $h = 0,024м$

товщина у вершини $\delta_{BP} = 0,0008м$;

товщина в підстави $\delta_{OP} = 0,0012м$;

крок $u = 0,012м$;

матеріал (алюміній) $\lambda_p = 180Вт / (м * К)$;

компоновка пучка труб шаховий пучок.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина алюмінієвого чохла на зовнішній поверхні сталеві труби рівна $\delta = 1,5 \text{ мм}$; тоді зовнішній діаметр з врахуванням алюмінієвого чохла буде

рівний:
$$d_H = d_{TP} + 2 * \delta = 0,025 + 2 * 0,0015 = 0,028 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр ребра:

$$D = d_H + 2 * h = 0,028 + 2 * 0,024 = 0,076 \text{ м};$$

Крок труб в пучку:

поперечний (впоперек потоку повітря):

$$S_1 = (D + 2 * \delta_H) + 0,003 \text{ м} = (0,076 + 2 * 0,003) + 0,003 = 0,085 \text{ м};$$

подовжній (уздовж потоку повітря):

$$S_2 = S_1 = (D + 2 * \delta_H) + 0,002 \text{ м} = (0,076 + 2 * 0,003) + 0,003 = 0,085 \text{ м}.$$

діагональний:

$$S'_2 = \left[S_2^2 + (S_1 / 2)^2 \right]^{0,5} = \left[(0,085)^2 + (0,085 / 2)^2 \right]^{0,5} = 0,095 \text{ м}.$$

Тепловий розрахунок

Кінцевою метою теплового розрахунку є визначення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру повітря в камері. Задаємося величиною підохолодження повітря в повітроохолоджувачі $\Delta t_B = 2^\circ \text{ C}$.

Визначаємо температуру повітря на виході апарату:

$$t_2 = t_{\text{ВЫХ.В}} = t_k - \Delta t_B = 0 - 2 = -2^\circ \text{ C}.$$

Визначаємо середню температуру повітря:

$$t_{CP.B} = 0,5 * (t_2 + t_K) = 0,5 * (-2 + 0) = -1^\circ \text{ C}.$$

Приймаємо температуру кипіння хладону:

$$t_0 = t_{CP.B} - (10 \dots 15) = -1 - 11 = -12^\circ \text{ C}.$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначуваний температурний натиск:

$$\theta = t_{CP.B} - t_0 = -1 + 12 = 11^\circ C.$$

Вибираю теплофізичні властивості вологого повітря при визначальній температурі $t_{CP.B}$:

$\nu_B = 13,28 * 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості,

$\lambda_B = 2,44 * 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} * \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності,

$Pr_B = 0,707$ - число Прандтля,

$\rho_B = 1,293 \text{ кг} / \text{м}^3$ - щільність,

$C_B = 1,005 \text{ кДж} / (\text{кг} * \text{К})$ - питома теплоємність сухого повітря.

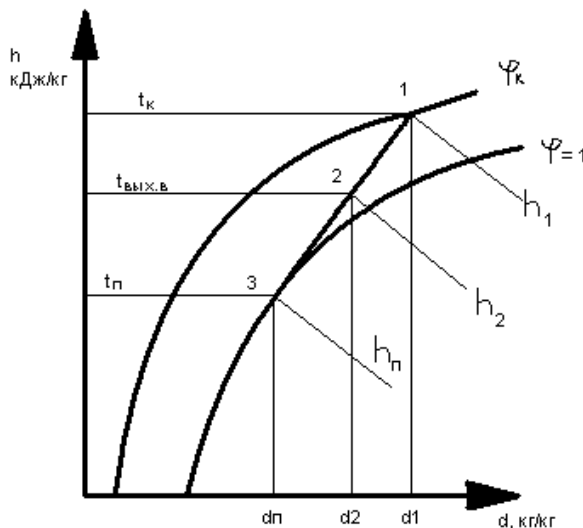


Рисунок 6.1 - Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі в наступній послідовності: $1 \rightarrow II \rightarrow 2$ (см.рис)

Для цього задаємося середньою температурою поверхні повітроохолоджувача (інею) t_n з умови, що $t_0 < t_n < t_K$, використовуючи приблизне співвідношення :

$$t_{II} = t_K - (0,1 \div 0,8) * \theta = 0 - 0,4 * 11 = -4,4^\circ C.$$

									Арк.
									61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

По діаграмі $h-d$, с допомогою розрахункових залежностей, приведених нижче, визначаємо параметри повітря (h, d, t).

Таблиця 15 - Параметри повітря

№ точки	$t, ^\circ C$	$d \cdot 10^{-3}, \text{кг} / \text{кг}$	$h, \text{кДж} / \text{кг}$	$\varphi, \%$
1	0	3,4	9,64	90
2	-2	3	6,47	94
3(п)	-4,4	2,6	2,9	100

Грунтуючись на принципі подібності трикутників (см. мал), можна записати:

$$(d_1 - d''_{п}) / (t_1 - t_{п}) = (d_1 - d_2) / (t_1 - t_2),$$

Звідси невідоме значення вмісту вологи повітря на виході апарату:

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 - ((t_1 - t_2) * (d_1 - d''_{п}) / (t_1 - t_{п})) = \\ &= 3,4 * 10^{-3} - ((0 + 2) * (3,4 * 10^{-3} - 2,6 * 10^{-3}) / (0 + 4,4)) = 3,04 * 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}. \end{aligned}$$

Відносна вологість повітря, на виході з апарату буде рівна:

$$\varphi_2 = d_2 / d_2'' = 3 / 3,2 = 0,94,$$

де $d''_{п}$ и d_2'' - відповідно, вміст вологи насиченого повітря при $t_{п}$ и t_2 .

Ентальпію повітря в точках 1,2 і 3 при негативних значеннях температури поверхні апарату (інею) знаходимо по залежностях:

$$\begin{aligned} h_1 &= 1,0078 * t_1 + (2835 + 2,09 * t_1) * d_1 = 1,0078 * 0 + (2835 + 2,09 * 0) * 3,4 * 10^{-3} = 9,64 \text{ кДж} / \text{кг}; \\ h_2 &= 1,0078 * (-2) + (2835 + 2,09 * (-2)) * 3 * 10^{-3} = 6,47 \text{ кДж} / \text{кг} \\ h_3 &= 1,0078 * (-4,4) + (2835 + 2,09 * (-4,4)) * 2,6 * 10^{-3} = 2,9 \text{ кДж} / \text{кг} \end{aligned}$$

Переходимо до розрахунку геометричних характеристик теплопередаючого елемента.

Геометричні характеристики поверхні ребристого елемента вільного від інею.

Площа зовнішньої поверхні ребра:

$$\begin{aligned} F_p &= 0,5 * \pi * (D^2 - d_H^2) + \pi * D * \delta_{BP} = \\ &= 0,5 * 3,14 * ((0,076)^2 - (0,028)^2) + 3,14 * 0,076 * 0,0008 = 8,03 * 10^{-3} \text{ м}^2; \end{aligned}$$

									Арк.
									62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2				

Площа зовнішньої поверхні труби між двома суміжними ребрами:

$$F_T = \pi * d_H * (u - \delta_{OP}) = 3,14 * 0,028 * (0,012 - 0,0012) = 9,5 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елемента:

$$F_B = \pi * d_B * u = 3,14 * 0,02 * 0,012 = 7,5 * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

Площа зовнішньої поверхні труби ребристого елемента:

$$F_H = F_P + F_T = 8,03 * 10^{-3} + 9,5 * 10^{-4} = 8,98 * 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт β і міра обрешітання теплообмінної поверхні φ :

$$\beta = F_H / F_B = 8,98 * 10^{-3} / 7,5 * 10^{-4} = 12,$$
$$\varphi = F_H / (\pi * d_H * u) = 8,98 * 10^{-3} / (3,14 * 0,028 * 0,012) = 8,5.$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі при товщині шаруючи $\delta_{IH} = 0,002 \text{ м}$.

Площа зовнішньої поверхні інею на ребрі рівна:

$$F_{PI} = 0,5 * \pi * ((D + 2 * \delta_{IH})^2 - (d_H + 2 * \delta_{IH})^2) + \pi * (D + 2 * \delta_{IH}) * (\delta_P + 2 * \delta_{IH}) =$$
$$= 0,5 * 3,14 * ((0,076 + 2 * 0,003)^2 - (0,028 + 2 * 0,003)^2) +$$
$$+ 3,14 * (0,076 + 2 * 0,003) * (0,0008 + 2 * 0,003) = 1,05 * 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Зовнішня поверхня інею на трубці між двома суміжними ребрами має площу:

$$F_{TI} = \pi * (d_H + 2 * \delta_{IH}) * (u - (\delta_{OP} + 2 * \delta_{IH})) =$$
$$= 3,14 * (0,028 + 2 * 0,002) * (0,012 - (0,0012 + 2 * 0,002)) = 5,1 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Повна площа зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі рівна:

$$F_{HI} = F_{PI} + F_{TI} = 0,0105 + 0,00051 = 1,1 * 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт обрешітання поверхні β'' , покритої інеєм, рівний:

$$\beta'' = F_{HI} / F_B = 1,1 * 10^{-2} / 7,5 * 10^{-4} = 14,7.$$

Мінімальний живий перетин одного ребристого елемента, покритого шаром інею прийнятої величини, рівний:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f_{ж} = u * (S_1 - d_H - 2 * \delta_H) - 2 * h * (\delta_{CP.P} + 2 * \delta_H) =$$

$$= 0,012 * (0,082 - 0,028 - 2 * 0,003) - 2 * 0,024 * (0,001 + 2 * 0,003) = 2,9 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині повітроохолоджувача
 $\omega_B = 4 \text{ м/с}.$

Визначуваний режим руху повітря - число Рейнольдса

$$Re = (\omega_B * d_H) / \nu_B = (4 * 0,028) / 13,28 * 10^{-6} = 8434.$$

Число Нуссельта для труб, виготовлених методом литва під тиском:

$$Nu = (1 - n) * C_Z * C_S * \varphi^{-0.5} * Re^n = (1 - 0,7) * 0,95 * 1 * (8,5)^{-0.5} * 8434^{0.7} = 54,8,$$

Де - $C_S = (S_1 - d_H) / (S_2 - d_H) = (0,082 - 0,028) / (0,082 - 0,028) = 1$ - коефіцієнт, форми пучка

$C_Z = 0,95$ - коефіцієнт, що враховує кількість рядів в пучку уздовж потоку повітря; $n = 0,61 * \varphi^{0.08} = 0,61 * (8,5)^{0.08} = 0,7$, $m = S_2 + \varphi^{-0.48} = 0,085 + (8,5)^{-0.48} = 0,03$.

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря рівний:

$$\alpha_K = \frac{Nu \cdot \lambda_B}{d_H} = \frac{54,8 * 2,44 * 10^{-2}}{0,028} = 47,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}},$$

де d_H - визначальний розмір, м.

Коефіцієнт вологовиділення за цих умов рівний:

$$\xi = 1 + \frac{(d_K'' * \varphi_K - d_H'') * (r - h_H)}{C_B' * (t_K - t_H)} =$$

$$= 1 + \frac{(3,5 * 10^{-3} * 0,9 - 2,6 * 10^{-3}) * (2835 + 9,2)}{1,02 * (0 - (-4,4))} = 1,35$$

де $r = 2835 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота фазового переходу при $t_H < 0^\circ \text{C}$;

$d_H'' = 3.27 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}$ - вологосодержание вологого повітря в пограничному шарі в поверхні інею при $t_H = -4,4^\circ \text{C}$ і відносною вологістю $\varphi = 1$;

$h_H = 2,09 * t_H = 2,09 * (-4,4) = -9,2 \text{ кДж/кг}$ – ентальпія інею;

$C_B' = 1,009 + 1,87 * d_m = 1,005 + 1,87 * 8,1 * 10^{-3} = 1,02 \text{ кДж/(кгК)}$ – питома теплоємність вологого повітря;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

$d_m = 0,5 * (d_K + d_2) = 0,5 * (9,64 + 6,47) * 10^{-3} = 8,1 * 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}$ - вологосодержання повітря при визначальній температурі.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередаючого елемента з врахуванням термічного опору шару інею знайдемо як:

$$\alpha_{\text{пр}} = \left(\frac{1}{\alpha_K * \xi} + \frac{\delta_{\text{ин}}}{\lambda_{\text{ин}}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{47,8 * 1,35} + \frac{0,003}{0,2} \right)^{-1} = 32,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}},$$

де , $\lambda_{\text{ин}} = 0,2 \text{ Вт} / (\text{м} * \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності інею.

Коефіцієнт ефективності ребра знайдемо як:

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,61)}{0,61} = 0,88,$$

де $mh' = \sqrt{\frac{2 * \alpha_{\text{пр}}}{\delta_{\text{ср.р}} * \lambda_p}} * h' = \sqrt{\frac{2 * 32,8}{0,001 * 180}} * 0,032 = 0,61$ - безрозмірний комплекс,

$\lambda_p = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$h' = h * (1 + 0,805 * \log(\frac{D}{d_H})) = 0,026 * (1 + 0,805 * \log(\frac{0,076}{0,028})) = 0,032 \text{ м}$ - умовна висота ребра.

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{\text{пр.н}} = \alpha_{\text{пр}} * (F_p * E * \psi * C_K + F_{\text{тр}}) / F_H =$$

$$= 32,8 * (8,03 * 10^{-3} * 0,88 * 0,97 * 1 + 9,5 * 10^{-4}) / 8,98 * 10^{-3} = 28,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

де $\psi = 1 - 0,058 * mh' = 1 - 0,058 * 0,61 = 0,97$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра;

C_K - коефіцієнт враховує контактне термічне спротивлення між трубою і ребром. Для біметалічної литої поверхні він рівний $C_K = 1$.

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні хладону в трубах апарату:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_o = (103,2 + 0,19 * t_o) * q_B^{0,25} = (103,2 + 0,19 * (-12)) * 3225^{0,25} = 761 \text{ Bm} / (\text{m}^2 * \text{K})$$

де q_B - щільність теплового потоку, отнесеного до внутрішньої поверхні труби:

$$q_B = \alpha_K * \xi * (t_{CP,B} - t_{II}) * \beta^{II} = 47,8 * 1,35 * (-1 - (-4,4)) * 14,7 = 3225 \text{ Bm} / \text{m}^2$$

Коефіцієнт теплопередачі, віднесений до зовнішньої поверхні інею, рівний:

$$K_H^{II} = \left(\frac{1}{\alpha_{II,H}} + \frac{\varphi * \delta_T}{\lambda_T} + \frac{\beta_{II}}{\alpha_o} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{28,5} + \frac{8,5 * 0,0025}{45} + \frac{14,7}{761} \right)^{-1} = 18,25 \frac{\text{Bm}}{\text{m}^2 * \text{K}} ;$$

віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні інею, рівний:

$$K_H = K_H^{II} * \frac{\beta}{\beta^{II}} = 18,25 * \frac{12}{14,7} = 14,9 \frac{\text{Bm}}{\text{m}^2 * \text{K}}$$

Перевіряємо значення раніше прийнятої температури поверхні інею. Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею рівна:

$$\Delta t_p = \frac{q_H}{\alpha_K * \xi} = \frac{201}{47,8 * 1,35} = 3,2^\circ \text{C} ,$$

де q_H - щільність теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні інею, рівна:

$$q_H = K_H^{II} * (t_{CP,B} - t_o) = 18,25 * (-1 - (-12)) = 201 \frac{\text{Bm}}{\text{m}^2} .$$

Відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур рівна:

$$\delta = \left| \frac{\Delta t_p - \Delta t}{\Delta t_p} \right| * 100\% = \left| \frac{3,2 - 3,4}{3,2} \right| * 100\% = 6\% < 7\% ,$$

де $\Delta t = t_{CP,B} - t_{II} = -1 - (-4,4) = 3,4^\circ \text{C}$ - прийнята різниця температур повітря і поверхні інею.

Визначаємо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача.

Приймаю в камері охолодження яблук одному повітроохолоджувачі:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{H1} = \frac{Q_0}{K_H * (t_{CP.B} - t_0)} = \frac{36000}{14,9 * (-1 - (-12))} = 220 \text{ м}^2$$

$$F_{H2} = \frac{Q_0}{K_H * (t_{CP.B} - t_0)} = \frac{26500}{14,9 * (-1 - (-12))} = 162 \text{ м}^2$$

$$F_{H3} = \frac{Q_0}{K_H * (t_{CP.B} - t_0)} = \frac{21500}{14,9 * (-1 - (-12))} = 131,2 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач:

$$V_{B1} = Q_0 / [\rho_B * (h_1 - h_2) * 10^3] = 36000 / [1,293 * (9,64 - 6,47) * 10^3] = 8,78 \text{ м}^3 / \text{с} = 31608 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$V_{B2} = Q_0 / [\rho_B * (h_1 - h_2) * 10^3] = 26500 / [1,293 * (9,64 - 6,47) * 10^3] = 6,24 \text{ м}^3 / \text{с} = 22464 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

$$V_{B3} = Q_0 / [\rho_B * (h_1 - h_2) * 10^3] = 21500 / [1,293 * (9,64 - 6,47) * 10^3] = 5,24 \text{ м}^3 / \text{с} = 18883 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Мінімальний живий перетин повітроохолоджувача з інеєм на теплообмінній поверхні:

$$F_{Ж1} = V_{B1} / \omega_B = 8,78 / 4 = 2,195 \text{ м}^2$$

$$F_{Ж2} = V_{B2} / \omega_B = 6,24 / 4 = 1,56 \text{ м}^2$$

$$F_{Ж3} = V_{B3} / \omega_B = 2,5 / 4 = 1,31 \text{ м}^2$$

Площа фронтального перетину повітроохолоджувача:

$$F_{\phi 1} = F_{Ж1} * (S_1 * u) / f_{Ж} = 2,195 * (0,085 * 0,012) / 2,9 * 10^{-4} = 7,72 \text{ м}^2$$

$$F_{\phi 2} = F_{Ж2} * (S_1 * u) / f_{Ж} = 1,56 * (0,085 * 0,012) / 2,9 * 10^{-4} = 5,49 \text{ м}^2$$

$$F_{\phi 3} = F_{Ж3} * (S_1 * u) / f_{Ж} = 1,31 * (0,085 * 0,012) / 2,9 * 10^{-4} = 4,61 \text{ м}^2$$

Орієнтовні геометричні розміри теплообмінної секції повітроохолоджувача:

Ширина:

$$H'_1 = (F_{\phi 1} / n)^{0,5} = (7,72 / 1)^{0,5} = 2,78 \text{ м}$$

$$H'_2 = (F_{\phi 2} / n)^{0,5} = (5,49 / 1)^{0,5} = 2,32 \text{ м}$$

$$H'_3 = (F_{\phi 3} / n)^{0,5} = (4,61 / 1)^{0,5} = 2,15 \text{ м}$$

Довжина:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L'_1 = H'_1 * n = 2,78 * 1 = 2,78 м$$

$$L'_2 = H'_2 * n = 1,25 * 1 = 1,25 м$$

$$L'_3 = H'_3 * n = 1,15 * 1 = 1,15 м$$

Орієнтовне число труб у фронтальному перетині пучка:

$$Z_{П1} = H' / S_1 = 2,78 / 0,085 = 32,7 = 33 шт$$

$$Z_{П2} = H' / S_1 = 1,25 / 0,085 = 14,7 = 15 шт$$

$$Z_{П3} = H' / S_1 = 1,15 / 0,085 = 13,6 = 14 шт$$

Число труб впоперек потоку повітря округлюємо до цілого значення.

Ширина:

$$H_1 = Z_{П1} * S_1 = 33 * 0,085 = 2,8 м$$

$$H_2 = Z_{П2} * S_1 = 15 * 0,085 = 1,275 м$$

$$H_3 = Z_{П3} * S_1 = 14 * 0,085 = 1,19 м$$

Довжина:

$$L_1 = F_{\phi 1} / H_1 = 7,72 / 2,8 = 2,76 м$$

$$L_2 = F_{\phi 2} / H_2 = 5,49 / 1,275 = 4,31 м$$

$$L_3 = F_{\phi 3} / H_3 = 4,61 / 1,19 = 3,87 м$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині повітроохолоджувача:

$$n_{ж1} = F_{ж1} / f_{ж} = 2,195 / 2,9 * 10^{-4} = 7569 шт$$

$$n_{ж2} = F_{ж2} / f_{ж} = 1,56 / 2,9 * 10^{-4} = 5380 шт$$

$$n_{ж3} = F_{ж3} / f_{ж} = 1,31 / 2,9 * 10^{-4} = 4517 шт$$

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

$$F_{H1} = f_H * n_{ж} = 8,98 * 10^{-3} * 7569 = 68 м^2$$

$$F_{H2} = f_H * n_{ж2} = 8,98 * 10^{-3} * 5380 = 48 м^2$$

$$F_{H3} = f_H * n_{ж3} = 8,98 * 10^{-3} * 4517 = 41 м^2$$

Орієнтовне число труб по ходу повітря в повітроохолоджувачі:

									Арк.
									68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2				

$$Z_{\text{ПР}1} = F_H / F_{H1} = 220 / 68 = 3,24 \text{ м}$$

$$Z_{\text{ПР}2} = F_H / F_{H2} = 162 / 48 = 3,375 \text{ м}$$

$$Z_{\text{ПР}3} = F_H / F_{H3} = 131,2 / 41 = 3,2 \text{ м}$$

Розрахункові параметри теплообмінної секції повітроохолоджувача сумарна довжина труб апарату:

$$\Sigma L_1 = L * Z_{\text{П}1} * Z_{\text{ПР}1} = 1,5 * 33 * 4 = 198 \text{ м}$$

$$\Sigma L_2 = L * Z_{\text{П}2} * Z_{\text{ПР}2} = 1,5 * 15 * 4 = 90 \text{ м}$$

$$\Sigma L_3 = L * Z_{\text{П}3} * Z_{\text{ПР}3} = 1,5 * 14 * 4 = 84 \text{ м}$$

площа зовнішньої поверхні:

$$F_{\text{Д}1} = \Sigma L_1 * \pi * d_{\text{ВН}} * \beta = 198 * 3,14 * 0,02 * 12 = 149 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{Д}2} = \Sigma L_2 * \pi * d_{\text{ВН}} * \beta = 90 * 3,14 * 0,02 * 12 = 68 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{Д}3} = \Sigma L_3 * \pi * d_{\text{ВН}} * \beta = 84 * 3,14 * 0,02 * 12 = 63 \text{ м}^2$$

глибина секції:

$$B = S_2 * Z_{\text{ПР}} = 0,085 * 4 = 0,34 \text{ м}$$

Підбираємо повітроохолоджувачі серії Alfa Laval Optigo CC або Optigo CCB, які призначені для холодильних камер зберігання та технологічних приміщень з додатними температурами.

Таблиця 18. Результати підбору повітроохолоджувачів.

Камера	Розрахункове навантаження, кВт	Навантаження з запасом 10 %, кВт	Рекомендований тип
№1	36,0	39,6	Alfa Laval Optigo CCB
№2	25,6	28,2	Alfa Laval Optigo CC
№3	43,0	47,3	Alfa Laval Optigo CCB

Підбір обладнання виконано за умов температури повітря в камері +13 °С та температури кипіння холодоагенту +5 °С. Для забезпечення стабільної роботи системи прийнято резерв холодопродуктивності 10 %. За результатами підбору для камер холодопродуктивністю 25,6–43 кВт рекомендовано застосування повітроохолоджувачів Alfa Laval серій Optigo CC та Optigo CCB.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

7. Розрахунок повітряного конденсатора

Для конденсатора з повітряним охолодженням приймаємо конструкцію з пластичастим орєбренням, рис.3

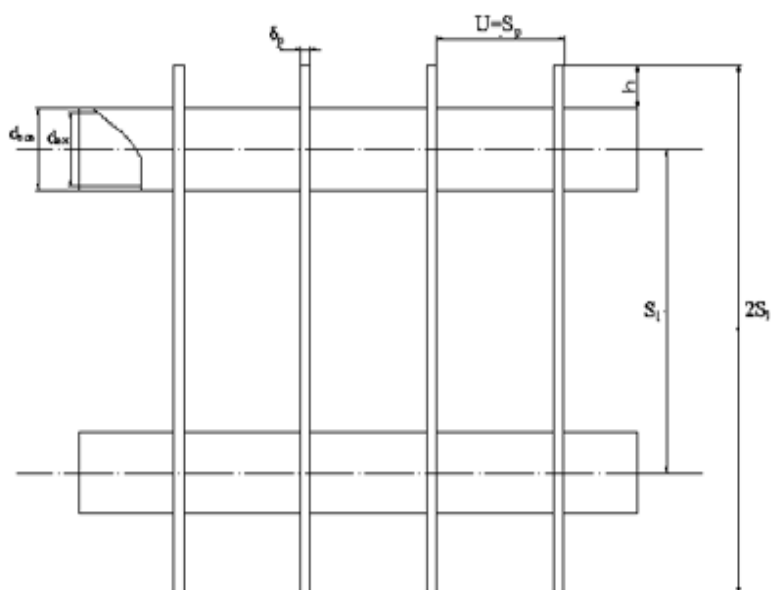


Рисунок. 7.1 Теплообмінна секція КД

Визначаємо вихідні дані для розрахунку

- теплове навантаження $Q_k=37,4$ кВт
- температура конденсації $t_k=40$ °С
- холодильний агент R407C
- розрахункова температура зовнішнього повітря $t_{зов}=30$ °С
- відносна вологість зовнішнього повітря $\phi=50\%$
- основні розміри елементів орєбреної поверхні
- зовнішній діаметр труби $d_{зов}=0.015$ м
- внутрішній діаметр труби $d_{вн}=0.013$ м
- ребра пластинчаті алюмінієві
- шаг ребер $S_p=0.004$ м
- товщина ребер $\delta_p=0.0004$ м
- умовна висота ребра $h_p=0.028$ м
- крок труби по фронту повітря $S_1=0.028$ м
- крок труби по фронту повітря $S_2=0.028$ м

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

- Матеріал труб - мідь (Cu)
- матеріал ребер - алюміній (Al)
- розташування труб у пучку – коридорне
- характеристики труб обрано за даними виробника Flincoil

Задаємося різницею температур повітря на вході 30 °С, та на виході з конденсатора 36 °С

$$\Delta t = 36 - 30 = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1. Визначаємо логарифмічну різницю температур:

$$\Theta = \frac{\Delta t}{\ln\left(\frac{t_k - t_n}{\Delta t}\right)} = \frac{30}{\ln\left(\frac{10}{30}\right)} = 6.55$$

Визначаємо середнє значення температури:

$$t_{п.сер.} = (\Delta t + t_n) / 2 = (36 + 30) / 2 = 33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Густина $\rho = 1.102 \text{ кг/м}^3$

Теплоємність $c_p = 1.007 \text{ кДж/кг}$

$$v_{пар} = (13.45 + 0.0885 \cdot t_{п.сер.} + 0.00013 \cdot t_{п.сер.}^2) \cdot 10^{-6} = (13.45 + 0.0885 \cdot 33 + 0.00013 \cdot 33^2) \cdot 10^{-6} = 1.637 \cdot 10^{-5}$$

коефіцієнт теплопровідності повітря при температурі 36 °С

$$\lambda_{п} = 0.024 + 0.8 \cdot 10^{-4} \cdot t_{п.сер.} = 0.024 + 0.8 \cdot 10^{-4} \cdot 36 = 0.027 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

Масова витрата повітря складає:

$$G_{п} = Q_k / c_p \cdot \Delta t = 37.4 / 1.007 \cdot 36 = 1.03 \text{ кг/с}$$

Обємна витрата повітря складає:

$$V_{п} = G_{п} / \rho = 1.03 / 1.102 = 0.94 \text{ м}^3/\text{с}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

2. Визначаємо площу живого перерізу апарата, для чого попередньо приймаємо швидкість повітря $\omega=6$ м/с

$$F_{ж} = V_{п}/\omega = 0,94/6 = 0.16$$

Визначаємо площу зовнішньої теплообмінної поверхні 1 м. труби
Поверхня труби між ребрами, розрахована для 1 м. довжини орєбреної труби:

$$F_{тр} = \pi \cdot d_{зов} \cdot (1 - \delta_p / S_p) = 3.14 \cdot 0.015 \cdot (1 - 0.0004 / 0.004) = 0.042 \text{ м}^2/\text{м}$$

Поверхня ребер, розрахована для 1м довжини орєбреної труби:

$$F_p = 2 \cdot (S_1 - \pi d_{зов}^2 / 4) \cdot 1 / S_p = 2 \cdot (0.028 - \pi \cdot 0.015^2 / 4) \cdot 1 / 0.028 = 0.304 \text{ м}^2/\text{м}$$

3. Зовнішня поверхня орєбреної труби довжиною 1 м.

$$F_3 = F_{тр} + F_p = 0.042 + 0.304 = 0.346 \text{ м}^2/\text{м}$$

Зовнішня поверхня 1м. гладкої труби:

$$F_0 = \pi \cdot d_{зов} = 3.14 \cdot 0.015 = 0.047 \text{ м}^2/\text{м}$$

4. Еквівалентний діаметр міжтрубно-ребристої ячейки для проходження повітря:

$$d_e = \frac{2 \cdot (S_1 - d_{зов}) \cdot (S_p - \delta_{вн})}{(S_1 - d_{зов}) + (S_p - \delta_{вн})} = \frac{2 \cdot (0.028 - 0.015) \cdot (0.004 - 0.0004)}{(0.028 - 0.015) + (0.004 - 0.0004)} = 5.64 \cdot 10^{-3}$$

Приймаємо кількість паралельних секцій $a=4$ і розраховуємо довжину пластин по ходу повітря.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

5. Довжина в напрямі потоку повітря:

a - кількість рядів труб в заданому напрямі, 4

$$L = S_1 \cdot a = 0.028 \cdot 4 = 0.112 \text{ м}$$

6. Визначаємо число Рейнольдса і характер руху повітря:

$$Re = \omega \cdot d_e / \nu = 6.5.64 \cdot 10^{-3} / 1.637 \cdot 10^{-5} = 2066$$

Знаходимо коефіцієнти:

$$c_H = 0.518 - 0.02315 \cdot (L/d_e) + 0.425 \cdot 10^{-3} \cdot (L/d_e)^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot (L/d_e)^3 \cdot (1.36 - 0.24 \cdot R/1000) = 0.518 - 0.02315 \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3}) + 0.425 \cdot 10^{-3} \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3})^2 - 3 \cdot 10^{-6} \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3})^3 \cdot (1.36 - 0.24 \cdot 2066/1000) = 0.169$$

$$n = 0.45 + 0.0066 \cdot L/d_e = 0.45 + 0.0066 \cdot 0.112/5.64 \cdot 10^{-3} = 0.581$$

$$m = -0.028 + 0.08 \cdot R/1000 = -0.028 + 0.08 \cdot 2066/1000 = 0.137$$

$$N = c_H \cdot R^n \cdot (L/d_e)^m = 0.169 \cdot 2066^{0.581} \cdot (0.112/5.64 \cdot 10^{-3})^{0.137} = 21.48$$

коефіцієнт тепловідачі з боку повітря:

$$\alpha_k = N \cdot \lambda_{\text{п}} / d_e = 21.48 \cdot 0.027 / 5.64 \cdot 10^{-3} = 101.5 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

7. Визначаємо коефіцієнт тепловідачі з боку повітря віднесений до повної оребреної поверхні труби:

λ - коефіцієнт теплопровідності, 217 Вт/м·К

$$m_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_k}{\lambda \cdot \delta_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 101.5}{217 \cdot 0.004}} = 48.36$$

$$\rho_1 = 1.28 \cdot \frac{S_1}{d_{\text{зос}}} \left(\sqrt{\frac{S_1}{S_2}} - 0.2 \right) = .28 \cdot \frac{0.028}{0.015} \left(\sqrt{\frac{0.028}{0.028}} - 0.2 \right) = 1.911$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Умовна висота ребра:

$$h_p = 0.5 \cdot d_{\text{зов}}(\rho_1 - 1) \cdot (1 + 0.35 \cdot \ln(\rho_1)) = 0.5 \cdot 0.015(1.911 - 1) \cdot (1 + 0.35 \cdot \ln(1.911)) = 0.00838 \text{ м}$$

8. Коефіцієнт ефективності ребра:

$$\Sigma_p = \frac{th(m_1 \cdot h_p)}{m_1 \cdot h_p} = \frac{th(48.36 \cdot 0.00838)}{48.36 \cdot 0.00838} = 98.83 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Визначаємо щільність теплового потоку з боку поверхні до повітря, віднесений до зовнішньої поверхні апарата. Для визначення опору мастильного забруднення:

$$\lambda_m = 0.12 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}, \delta_m = 0.0005 \text{ м}$$

Дані на трубу:

$$\lambda_{\text{тр}} = 384 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}, \delta_{\text{тр}} = 0.001 \text{ м}$$

$$\theta_{\text{п1}} = 1$$

$$q_{\text{fn}} = \frac{\Theta_{\text{п1}}}{\left(\frac{1}{\alpha_{\text{н.прив.}}} \right) + \left(\frac{\delta_{\text{мп}}}{\lambda_{\text{мп}}} + \frac{\delta_{\text{м}}}{\lambda_{\text{м}}} \right) \left(\frac{F_p - F_{\text{мп}}}{F_o} \right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{98.83} \right) + \left(\frac{0.001}{384} + \frac{0.0005}{0.12} \right) \left(\frac{0.304 - 0.042}{0.047} \right)} = 24.54 \text{ Вт/м}^2$$

9. Коефіцієнт тепловідачі від холодильного агента R404a до внутрішньої поверхні труби. Властивості R404a при 40 °С:

$$\text{теплота конденсації } r = 33.8 \text{ кДж/кг}$$

$$\text{густиність рідини } \rho_p = 1252 \text{ км/м}^3$$

$$\text{коефіцієнт теплопровідності } \lambda = 0.064 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$$

$$\text{коефіцієнт динамічної вязкості } \mu = 1.59 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

$$\Delta_i = 129.3 \cdot 10^3 \text{ тоді,}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

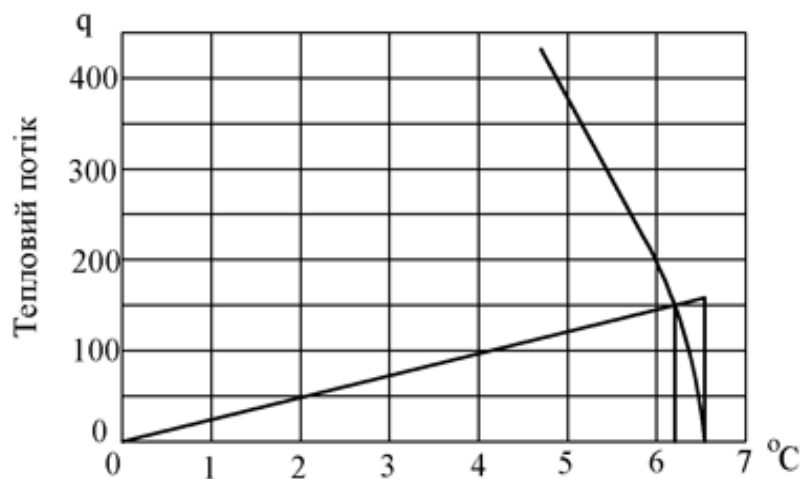
10. Питомий тепловий потік від агента до зовнішньої поверхні $q_{aF_{BH1}}$
 Внутрішня поверхня труби довжиною 1 м.

$$F_{BH} = \pi \cdot d_{BH} = 3.14 \cdot 0.013 = 0.041 \text{ м}^2$$

Визначаємо щільність теплового потоку з боку агента, віднесену до зовнішнього поверхні $q_{aF_{BH1}}$:

$$q_{aF_{BH1}} = \alpha_a \cdot \theta_a \cdot F_{BH} / F_{зОВН} = 2211 \cdot 1 \cdot (0.0408 / 0.305) = 261,5 \theta^{0.75}$$

11. Вирішуємо з графічного рівняння $q_{aF_{BH1}} = 261,5 \theta^{0.75}$ та $q_{F_{ЗП}} = 23.2(6.55 - \theta_a)$ і визначаємо щільність теплового потоку $q_{F_{ЗОВ}}$ та температурні напори з боку агента і з боку повітря. При побудові графіка спочатку викладаємо на осі ординат масштабне значення логарифмічного напору і будуємо з початку координат лінійну залежність $q_{F_{ЗП}} = 21.6 \cdot \theta_{П}$



12. Визначаємо зовнішню поверхню:

$$F_{ЗН} = Q_K / q_{F_{ЗП}} = 37400 / 141,7 = 163.87 \text{ м}^2$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Сумарна довжина труб в апараті:

$$\Sigma L = F_{\text{зн}} / F_{\text{зтр}} = 163.87 / 0.345 = 474,5 \text{ м}$$

$$F_{\text{жр}} = (S_1 - d_3)(S_p - \delta_p) = (0.028 - 0.015)(0.004 - 0.001) = 0.000039 \text{ м}^2$$

13. Визначаємо кількість оребрених елементів у фронтальному перетині апарата:

$$n_{\text{ре}} = F_{\text{ж}} / F_{\text{жр}} = 0.325 / 0.000039 = 8333$$

Визначаємо сумарну довжину труб у фронтальному перетині пучка

$$L_{\phi} = S_p \cdot n_{\text{ре}} = 0.004 \cdot 8333 \text{ м}$$

14. Визначаємо площу вільного фронтального перетину апарата на вході повітря:

$$S_{\phi} = F_{\text{ж}} \cdot S_1 \cdot S_p / F_{\text{жр}} = 0.325 \cdot 0.028 \cdot 0.004 / 0.000039 = 0.933 \text{ м}^2$$

Повітряне охолодження конденсатора забезпечується двома осьовими вентиляторами ЕС-типу. Загальна витрата повітря через конденсатор становить 12650 м³/год, що забезпечує відведення теплового навантаження конденсатора при роботі як на холодоагенті R407C, так і на R513A. Оскільки розрахункове теплове навантаження конденсатора не перевищує допустимих значень для агрегату BITZER LH135E/4NES-20Y, зміна холодоагенту не потребує зміни параметрів повітряного охолодження конденсатора

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розрахунок діаметрів трубопроводів

Для рідкого холодильного агента рекомендована швидкість (0,5-1,5) м/с.

Прийmemo швидкість 1 м/с

G - Масова витрата холодильного агента

ρ - щільність відкого холодильного агента

V - швидкість щільного холодильного агента

$\rho=638 \text{ кг/м}^3$, $V=1 \text{ м/с}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho \cdot V \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.227}{638 \cdot 1 \cdot 3.14}} = 0.021 \text{ м}$$

Для парообразного холодильного агента рекомендована швидкість для горизонтального трубопровода не менше 10 м/с. для вертикальних (12) м/с

Вертикальний участок

$\rho_1=3.46 \text{ кг/м}^3$, $V_1=12 \text{ м/с}$

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_1 \cdot V_1 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.227}{3.46 \cdot 12 \cdot 3.14}} = 0.083 \text{ м,}$$

тоді при $V_2=10 \text{ м/с}$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_1 \cdot V_2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.128}{3.46 \cdot 10 \cdot 3.14}} = 0.091 \text{ м}$$

Участок на нагнітанні

$\rho_2=26 \text{ кг/м}^3$

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\rho_2 \cdot V_2 \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.227}{26 \cdot 10 \cdot 3.14}} = 0.034 \text{ м}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

9. Охорона праці

Охорона праці - це система законодавчих актів, соціально - економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я й працездатності людини в процесі праці. Повністю безпечних і нешкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці - звести до мінімуму ймовірність поразки або захворювання працюючі з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих факторів.

Хладонові холодильні установки підрозділяють на 2 групи залежно від годинного обсягу , описувано поршнями компресора. При розташування в приміщенні декількох однакових компресорів (по холодопродуктивності група визначається по V_h одного компресора. У нашому випадку $V_h=0,04 \text{ м}^3/\text{з}$, віднесемо установку до групи В.

Трубопроводи холодильних установок офарблюють у кольори, що відповідає їхньому призначенню:

- усмоктувальний - у синій;
- нагнітаючий - у червоний;
- рідинні - срібlistий.

Класифікація виробництва по ступені вибухонебезпечної й пожежної небезпеки.

По пожежної, вибухонебезпечної небезпеки приміщення холодильної станції сталяться до категорії Д. Дане приміщення ставиться категорії П-III з підвищеною небезпекою поразки електричним струмом.

Властивості холодоагенту-R407C

R407C є зеотропною сумішшю гідрофторвуглецевих (HFC) холодоагентів, яка була розроблена як заміна озоноруйнівного холодоагенту R22 у системах кондиціонування повітря та холодильній техніці. До складу R407C входять:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

- 23 % R32 (дифторметан);
- 25 % R125 (пентафторетан);
- 52 % R134a (тетрафторетан).

Завдяки поєднанню компонентів холодоагент має термодинамічні характеристики, близькі до R22, що дозволило широко використовувати його під час модернізації та проектування нових холодильних установок.

Основною особливістю R407C є його зеотропний характер. На відміну від азеотропних сумішей, процеси кипіння та конденсації відбуваються не при постійній температурі, а в певному температурному діапазоні. Температурний глайд (temperature glide) для R407C становить приблизно 5–7 °C залежно від режиму роботи установки. Це необхідно враховувати під час проектування теплообмінного обладнання та виконання теплових розрахунків.

Холодоагент характеризується відносно високою питомою холодопродуктивністю та хорошими енергетичними показниками в середньотемпературних системах охолодження. Робочі тиски R407C є близькими до тисків R22, що спростило його впровадження в існуюче обладнання після відповідної адаптації.

R407C не містить хлору, тому його озоноруйнівний потенціал дорівнює:

$$ODP=0 \quad ODP = 0 \quad ODP=0$$

тобто він не впливає на руйнування озонового шару атмосфери.

Разом з тим, одним із головних недоліків R407C є досить високий потенціал глобального потепління:

$$GWP=1774 \quad GWP = 1774 \quad GWP=1774$$

що обмежує перспективи його подальшого використання відповідно до сучасних екологічних вимог та міжнародних нормативів щодо скорочення викидів парникових газів.

Для роботи з R407C застосовуються синтетичні поліефірні мастила (POE), які мають високу гігроскопічність і потребують особливої уваги до герметичності холодильного контуру та якості монтажних робіт.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні переваги R407C:

- відсутність озоноруйнівного впливу;
- близькі до R22 робочі параметри;
- висока холодопродуктивність;
- широке застосування в системах кондиціонування та холодопостачання.

Основні недоліки:

- наявність температурного глайду;
- зміна складу суміші при витоках холодоагенту;
- високий показник GWP;
- необхідність використання POE-мастил.

Таким чином, R407C протягом тривалого часу був одним із найпоширеніших замінників R22 у холодильній техніці та системах кондиціонування повітря. Проте через високий потенціал глобального потепління та посилення екологічних вимог його поступово замінюють сучасні холодоагенти з меншим значенням GWP, зокрема R513A, R32 та інші альтернативні робочі речовини.

Обслуговуючий персонал холодильної установки повинен уміти надавати першу допомогу потерпілим при отруєнні й поразці холодоагентом.

При удушенні, викликаній недовільком кисню в приміщенні, заповненому газоподібним фреоном, необхідно негайно вивести потерпілого на свіже повітря. Рекомендується питво (міцний солодкий чай, кава, лимонад), вдихання кисню протягом 30-45 хвилин. У випадку припинення подиху варто робити штучне дихання до приходу лікаря.

При влученні хладону в очі їх промивають струменем води кімнатної температури під невеликим тиском і закопуєть в очі стерильне вазелінове масло, після чого необхідно негайно звернутися до лікаря.

До постачання питною водою висувають наступні вимоги: температура води повинна бути 20-28°C, не повинна містити в собі шкідливих домішок.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Техніка безпеки при експлуатації встаткування. Робота компресорного встаткування пов'язана з виникненням небезпечних і шкідливих факторів, обумовлених наявністю в компресора частин, що рухаються, і високого тиску. Для безпечної експлуатації компресорів необхідно, головним чином, забезпечити їхню герметичність, раціональне змащення й достатнє охолодження. Кожний поршневий компресор повинен бути обладнаний запобіжним клапаном, установленим на лінії нагнітання. Запобіжні клапани (а так само запобіжні розривні пристрої) використовують для захисту установок від підвищення в них тиску вище межі, установленими правилами техніки безпеки.

У посудинах і трубопроводах, призначених для різних рідин і газоподібних агресивних і неагресивних середовищ із температурами 223 - 873 К и тиском до 32 Мпа застосовують запобіжні клапани прямої дії (пружинні й важільно-вантажні).

Виконаємо розрахунок запобіжного клапана. Клапан підбирається по величині площі перетину клапана, що дорівнює найменшій площі перетину в проточній частині -Р и за значенням коефіцієнт витрати газу для даної конструкції клапана - а, що

визначається виготовлювачем, [7]:

$$F \cdot \alpha = \frac{G}{B \sqrt{2\rho(p_1 - p_2)}} \quad (9.1)$$

де: G - масова витрата газу через запобіжний клапан - G=0,6...1 кг/з, приймаємо рівним 0,7 кг/з;

μ - коефіцієнт витрати приймаємо 0,75

p_1 і p_2 -максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за ним, Па,

p_1 приймається на 15 % більше розрахункового, отже для проектованої установки $p_1 = 1,15 * 1,2 * 10^6$ Па = $1,38 * 10^6$ Па; p_2 приймаємо рівним атмосферному ($0,1 * 10^6$ Па), тому що газ при виході із клапана буде попадати безпосередньо в атмосферу;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ - щільність середовища при тиску p_1 і температурі перед клапаном ($t=98$ °C), $\rho=52,83$ кг/м³; [1, т.24]

Y - коефіцієнт розширення стікаючого струменя, приймаємо рівним $Y=0,476$ [1, т.25].

$$F = \frac{0,6}{0,75 \cdot 0,476 \sqrt{2 \cdot 75,5 (1,4 \cdot 10^6 - 0,1 \cdot 10^6)}} = 9,76 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,67 \cdot 10^{-5}}{3,14}} = 1,1 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_y=15$ мм

Правила безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском посудина, що працює під тиском - герметично закрита ємність, призначена для проведення хімічних і теплових процесів.

На всі посудини й апарати холодильних установок незалежно від виду застосовуваного холодоагенту поширюються Правила пристрою й безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском, затверджені Гостехнадзором.

Найбільш частими причинами аварій і вибухів посудин, що працюють під тиском, є перевищення гранично припустимого тиску, порушення температурного режиму, втрата посудиною механічної міцності, порушення технологічного режиму роботи. Недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу й відсутність необхідного технологічного нагляду.

Будь-які посудини, що працюють під тиском, виготовляють на підприємствах, що розташовують відповідною технічною базою й мають дозволом інспекції Гостехнадзора на їхнє виготовлення.

Всі посудини, що працюють під тиском, до їхнього пуску в роботу повинні бути зареєстровані в органах Гостехнадзора. Посудини, що працюють під тиском, повинні піддаватися технічним оглядам: внутрішньому огляду й гідравлічним випробуванням. На посудинах холодильних установок гідравлічні випробування дозволяється замінити пневматичними на пробний тиск. Внутрішній огляд посудин холодильних установок

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

через їхню конструкцію замінюється пневматичними випробуваннями. Об проведені випробування роблять запис у паспорт посудини.

Електробезпе́чність устаткування.

Електробезпе́чність - це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля й статичної електрики. Основними мірами захисту від поразки електричним струмом є: забезпечення неприступності струмоведучих частин, що перебувають під напругою, для випадкового дотику; електричний поділ мережі; усунення небезпеки поразки з появою напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, відключенням і ін.; застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і пристосувань; організація безпечної експлуатації електроустановок.

Класифікація приміщень по ступені поразки електричним струмом

Всі приміщення діляться по ступені поразки людей електричним струмом на три класи:

1. без підвищеної небезпеки
2. с підвищеною безпекою
3. особливо небезпечні

Приміщення без підвищеної небезпеки - це сухі, беспильні приміщення з нормальною температурою повітря й з ізолюючими (наприклад, дерев'яними) підлогами, тобто в які відсутньої умови, властиві приміщенням з підвищеною безпекою й особливо небезпечним.

Приміщення з підвищеною безпекою характеризуються наявністю одного з наступних п'яти умов, що створюють підвищену безпеку:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

вогкості, коли відносна вологість повітря довгостроково перевищує 75%; такі приміщення називають сирими;

високої температури, коли температура повітря довгостроково (понад добу) перевищує +35 °С; такі приміщення називають жаркими;

струмопровідного пилу, коли за умовами виробництва в приміщеннях виділяється те до провідний технологічний пил (наприклад, вугільна, металева, і т.п.) у такій кількості, що вона осідає на проводах, проникає усередину машин, апаратів т т.п.; такі приміщення називають курними зі струмопровідним пилом; струмопровідних підлог металевих, земляних, залізобетонних, цегельних і т.п.;

можливості одночасного дотику людини з маючого з'єднання із землею металоконструкціям будинків, технологічним апаратам, механізмам і т.п., з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування - з іншої.

Приміщення особливо небезпечні характеризуються наявністю одного з наступних трьох умов, що створюють особливу небезпеку:

особливої вогкості, коли відносна вологість повітря близька до 100% (стіни, підлога й предмети, що перебувають у приміщенні, покриті вологою); такі приміщення називають особливо сирими;

хімічно активного або органічного середовища, тобто приміщення, у яких постійно або протягом тривалого часу втримуються агресивні пари, гази, рідини, що утворюють відкладення або цвіль, що діють руйнуючі на ізоляцію й струмоведучі частини електроустаткування; такі приміщення називають приміщеннями з хімічно активним або органічним середовищем;

одночасної наявності двох або більше умов, властивих приміщенням з підвищеною небезпекою.

Класифікація встаткування по ПУЕ.

ПУЕ регламентує пристрій електроустаткування у виробничих приміщеннях і для зовнішніх технологічних установок. Вибір і установку електроустаткування роблять відповідно до цих правил на основі класифікації вибухонебезпечних зон і сумішей.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Зона класу В-1. До неї відносять приміщення, у яких можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші пар і газів з повітрям при нормальних умовах роботи

Зона класу В-1а, У цю зону входять приміщення, у яких вибухонебезпечні суміші не утворюються при нормальних умовах експлуатації встаткування, але можуть утворитися при аваріях або несправностях.

Зона класу В-1б. До цього класу відносять:

а) приміщення, у яких можуть утримуватися горючі пари й гази з високою нижньою межею запалення (15% і більше), що володіють різким заходом

б) приміщення, у яких можливе утворення лише локальних вибухонебезпечних сумішей в обсязі менш 5% приміщення.

Зона класу В-1м У цю зону входять зовнішні установки, у яких перебувають вибухонебезпечні гази, пари й ЛВЖ

Зона класу В-П, До неї відносять приміщення, у яких виробляється обробка горючих пилів і волокон, здатних утворювати вибухонебезпечні суміші з повітрям при нормальних режимах роботи.

Зона класу В-Па. У цю зону входять приміщення, у яких вибухонебезпечні пило-повітряні суміші можуть утворюватися в результаті аварій і несправностей.

Приміщення й установки, у яких утримуються ГЖ і горючі пили, нижня концентраційна межа яких вище 63г/м^3 , відносять до пожароопасним і класифікують у такий спосіб.

Зона класу П-1. До неї відносять приміщення, у яких утримуються ГЖ.

Зона класу П-П. У цю зону входять приміщення, у яких утримуються горючі пили з нижньою концентраційною межею вище 65г/м^3 .

Зона класу П-Па. До неї відносять приміщення, у яких утримуються тверді горючі речовини, не здатні переходити у зважений стан.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Установки класу П-Ш. До них відносять зовнішні установки, у яких утримуються ГЖ (з температурою спалаху вище 61°C) або тверді горючі речовини.

Устаткування по класифікації вибухонебезпечні зони сумішей ставиться до зони класу В-16 (б)

Електробезпе́чність устаткування.

Електробезпе́чність - це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги й електромагнітного поля.

Приміщення машинного відділення по ступені небезпеки поразки електричним струмом відносно до приміщень із підвищеною небезпекою. Електричним струмом ставляться до приміщень із підвищеною небезпекою.

В машинному відділенні є струмопровідні підлоги й досить тісно розташована технологічне встаткування.

До основних технічних засобів, що забезпечують безпека робіт в електроустановках, відносять: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, захисне відключення, електричне поділ мережі, застосування малої напруги, огороження й блокування, ізоляцію струмоведучих частин, застосування підвищеної частоти, електрозахисні засоби.

Використання цих засобів у різних сполученнях дозволяє забезпечити захист людей від дотику до струмоведучих частин, від небезпечного переходу напруги на неструмоведучі частини, від крокових напруг і т.п.

Найчастіше використовують захисне заземлення. Захисним заземленням називають навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою. Воно призначено для усунення поразки електричним струмом у випадку дотику до неструмоведучих металевих частин електроустановки, оказавшимся під напругою.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

Гранично припустимий опір заземлення в електроустановках з напругою до 1000 У не повинне перевищувати 4 Ом у будь-який час року (R4 Ом). При цьому струм, що проходить через тіло людини < 0.05 А. [2]

Вибираємо тип і геометричні розміри заземлень: контурне - $l = 2\text{ м}$; $d = 40\text{ мм}$. Відстань між вертикальними заземленнями вибираємо рівним

$$L = 1\text{ м.}$$

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{расч.}} = \rho_{\text{физ.}} \cdot \psi, \text{ Де} \quad (9.2)$$

$$\rho_{\text{физ.}} = 80\text{ Ом} - \text{питомий опір ґрунту; [1]}$$

$$\psi = 2 - \text{кліматичний коефіцієнт. [1]}$$

$$\rho_{\text{расч.}} = \rho_{\text{физ.}} \cdot \psi = 2 \cdot 80 = 160\text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$R_{\text{стр.}}$ - опір одного вертикального заземлителя з урахуванням опору ґрунту.

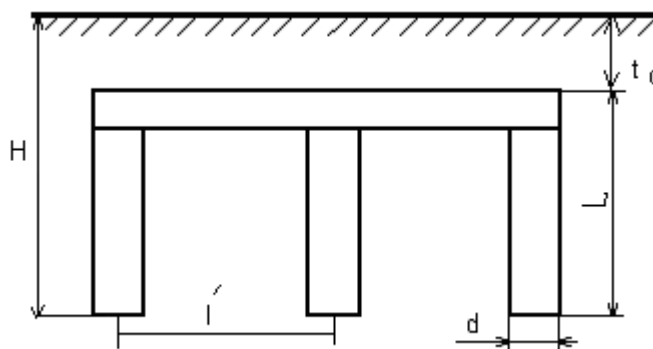


рис. 10.1

$$R_{\text{стр.}} = \frac{\rho_{\text{расч.}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4H + l}{4H - l} \right), \text{ Ом} \quad (9.3)$$

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

$$R_{\text{стр.}} = \frac{160}{2 \cdot \pi \cdot 1} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0.04} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1.5 + 1}{4 \cdot 1.5 - 1} \right) = 63, \text{ Ом}$$

Визначимо кількість вертикальних заземлювачів

$$n_{\text{расч.}} = \frac{R_{\text{стр.}}}{R_{\text{расч.}}} \quad (9.4)$$

$$n_{\text{расч.}} = \frac{63}{4} = 16 = 20, \text{ шт}$$

									Арк.
									87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2				

Визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів

$$R_{CB} = \frac{R_{emp.}}{\eta \cdot n} = \frac{63}{20 \cdot 0.6} = 5,25, \text{ Ом} \quad (9.5)$$

η - коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів [1, т.20]

Довжина сполучної смуги при розміщенні по контурі

Опір смуги з урахуванням опору ґрунт

$$R_{пол.} = \frac{\rho_{расч.}}{\eta \cdot 2\pi \cdot l_{пол}} \ln \frac{l_{пол}^2}{d \cdot t_0} = \frac{160}{0.55 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 88} \ln \frac{88 \cdot 2}{0.02 \cdot 0.05} = 5.14, \text{ Ом} \quad (9.3)$$

Загальний опір всієї системи

$$R_{общ.} = \frac{R_{общ.ст.} \cdot R_{пол.}}{R_{общ.ст.} + R_{пол.}} = \frac{5.14 \cdot 5.25}{5.14 + 5.25} = 2,6, \text{ Ом} \quad (9.6)$$

$$R_{общ} < R_{доп}$$

Пожежна профілактика

Заходу щодо пожежної профілактики підрозділяють на:

Організаційні - передуматривающие правильну експлуатацію машин, правильний зміст будинків, території, протипожежний інструктаж робітників та службовців і т.д.

Технічні - передуматривающие дотримання протипожежних правил, норм при проектуванні будинків, при пристрої електропроводів і встаткування, опалення, вентиляції, висвітлення, правильне розміщення встаткування.

Режимні - передуматривающие заборону паління в не встановлених місцях
Експлуатаційні - профілактичні огляди, що передбачають своєчасні, ремонти й випробування технологічного встаткування. [1]

Матеріали, застосовувані для конструкцій, що обгороджують, і обробки приміщень, повинні бути вогнестійкими. У будинку повинне бути передбачене не менш двох евакуаційних виходів. У приміщеннях необхідно обмежити застосування дерева. Проходи, коридори й робочі місця не слід захарашувати архівними матеріалами, папером і т.д. У системі вентиляції повинні бути передбачені клапани для перекриття воздуховодов при пожежі. Повітроводи,

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

вентиляційні камери й регулюючі пристрої систем виконуються з неспалених матеріалів.

Пожежна автоматична сигналізація.

Найбільш ефективним засобом боротьби з пожежею на обчислювальному центрі є установка на них системи електричної пожежної сигналізації.

Пожежна електрична сигналізація служить для швидкого повідомлення служби пожежної охорони про виниклу пожежу в якому-небудь приміщенні або спорудженні підприємства. У системи автоматичного пожежогасіння включається також і пожежна сигналізація. При необхідності пожежна сигналізація може бути сполучена з охоронною сигналізацією.

Система автоматичної пожежної сигналізації складається з извещателей-датчиков, установлюваних у приміщеннях, що захищають від пожежі, прийомної станції (розташованої в приміщенні пожежної команди), джерел електроживлення й електричної мережі, що зв'язують извещатели із прийомною станцією.

Системи автоматичного пожежогасіння.

Серед автоматичних систем пожежогасіння на промислових підприємствах найпоширеніші спринклерні й дренчерні установки. Вони являють собою розділену розподільну водогінну мережу з розпилювача водяних струменів або повітряно-механічної піни за допомогою спринклерних або дренчерних голівок.

Спринклерна розпилююча голівка має вихідний отвір, закритий скляним клапаном, утримуваним замком, виготовленим з легкоплавкого металевого сплаву.

При підвищенні температури повітря, нагрітого полум'ям пожежі, що почалося, внаслідок розплавлення сплаву замок розпадається й звільняє клапан, через який вода, падаючи на розетку, розпорошується й зрошує палаючу речовину. Сплав замка застосовують із температурою плавлення 72, 93, 141, 182 °С у залежності від умов можливого загоряння. Одночасно за допомогою

					<i>КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		89

контрольно-сигнального апарата подається звуковий сигнал, возвещающий про пожежу.

Дренчерні установки групової дії також складаються з розгалужі трубопроводів, обладнаних дренчерними розпилювачами голівками, але без замків, з відкритими отворами для виходу води. Вихід води закритий клапаном групової дії. Пуск води для гасіння пожежі може здійснюватися вручну або автоматично.

Виробнича санітарія.

Норми по виробничій санітарії й гігієні праці визначають пристрій виробничих і побутових приміщень, робочих місць відповідно до фізіології й гігієною праці, а також безпечні межі змісту в повітрі виробничих приміщень газів, пар і т.д.

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

Розрахунок продуктивності вентиляції.

Вентиляція призначена для запобігання нагромадження в повітрі приміщення шкідливих речовин, а також для забезпечення заданих метеорологічних умов у виробничому приміщенні. Вона досягається видаленням із приміщення забрудненого повітря (витяжна вентиляція) і подачею в нього свіжого повітря (припливна вентиляція). У загальному випадку ці кількості повітря повинні бути рівні. Можливості вентиляції по відводу тепла із приміщення обмежені температурою зовнішнього повітря. По способі переміщення повітря розрізняють природну й штучну вентиляцію, а так само змішану.

Для проєктованого необхідний пристрій аварійної вентиляції, тому що можливо раптове надходження в повітря більших кількостей шкідливих речовин (при витoku холодоагенту). Для розрахунку продуктивності вентиляції необхідно знати кількість шкідливих речовин, що попадають у повітря робочої зони. Кількість повітря, необхідного для вентиляції можна визначити, знаючи кількість

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шкідливих речовин, що виділяються, і їхньої концентрації в що видаляє й приточном повітрі. Для зразкових розрахунків використаємо метод кратності:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (9.7)$$

де k – коефіцієнт кратності, $1/\text{година}$,

V – обсяг приміщення, м^3 ,

Коефіцієнти кратності вентиляції представлені в наступній таблиці:

Речовина	Витяжка	Приплив	Аварійна витяжка
Фреони	4	3	4

Обсяг цеху становить

$$V = A \cdot B \cdot H, \text{ м}^3 \quad (9.8)$$

де A – довжина цеху, $A = 12 \text{ м}$;

B – ширина цеху, $B = 24 \text{ м}$;

H – висота цеху, $H = 5 \text{ м}$.

$$L = 12 \cdot 24 \cdot 5 \cdot 3,5 = 5040 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Потужність електродвигуна вентилятора визначається по формулі:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вент.}} \cdot \eta_{\text{перед.}}}, \text{ квт.} \quad (9.9)$$

де H – аеродинамічний опір приймаємо 250 Па .

k - коефіцієнт запасу, приймаємо $1,5$

$$\eta_{\text{вент.}} = 0,6 \div 0,8, \text{ приймаємо } \eta_{\text{вент.}} = 0,7,$$

$$\eta_{\text{перед.}} = 0,9 \div 1, \text{ приймаємо } \eta_{\text{перед.}} = 0,95.$$

Тоді потужність електродвигуна вентилятора:

$$N = \frac{1,5 \cdot 1260 \cdot 5040 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,8 \text{ квт}$$

$DO = 3$ кратність притяжної веттиляциии

$L = 3 \cdot 5 \cdot 12 \cdot 24 = 4320 \text{ м}^3/\text{год}$ необхідний повітрообмін

$$N = \frac{1,5 \cdot 960 \cdot 4320 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,95} \approx 0,3 \text{ квт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$DO = 4$ кратність аварійної вентиляції

Установлюємо вентилятори (2 шт. робочих; 1 резервний для аварійної вентиляції). Відповідно до виконаного розрахунку по каталозі вибираємо підходящий вентилятор. ЦИ – 70 №5 $N_y=0.55$ $n=915$ обмін.

Розрахунок виробничого освітлення.

Правильно спроектоване й виконане освітлення на будь-якім підприємстві забезпечує можливість правильної виробничої діяльності. Стан нервової системи, схоронність зору людини й безпека на виробництві значною мірою залежить від умов освітлення. Із цієї причини необхідно зробити розрахунок системи штучного висвітлення приміщення, у якому перебувають робітники, що стежать за роботою встаткування в машинному відділенні пересувної рефрижераторної установки.

Розрахунок системи штучного висвітлення проводимо при наступних вихідних даних:

Довжина цеху, $A = 12,0$ м;

Ширина цеху, $B = 24,0$ м;

висота підвісу світильника $h=4,5$ м;

напруга в мережі $V = 220$ В.

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

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

У цьому випадку приймаємо $\frac{L}{h_{раб}} = 1,2$

Приймаємо $h_{раб} = 4,5$ м, тоді $L = 5,25$ м

Визначаємо кількість необхідних світильників:

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

$$N = \frac{A \cdot B}{L^2} \quad (9.10)$$

$$N = \frac{12,0 \cdot 24,0}{5,25^2} = 9,6 \approx 10 \text{ світильника}$$

Визначаємо світловий потік ламп світильника:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot \kappa \cdot z \cdot 100}{N \cdot \eta}, \text{ лм} \quad (9.11)$$

де E_n – мінімальна нормована освітлення, приймаємо $E_n = 100 \text{ лк}$ [1],

S – площа приміщення, $S = 288,0 \text{ м}^2$,

κ – коефіцієнт запасу, що враховує старіння ламп, $\kappa = 1,3$, [1].

z – відношення середньої освітлення до мінімального,

$z = 1,1$ (для люмінесцентних ламп),

η – коефіцієнт використання світлового потоку, що залежить від величини i – індексу приміщення [1].

Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{раб.}} \cdot (A + B)}, \quad (9.12)$$

$$i = \frac{12,0 \cdot 24,0}{4,5 \cdot (12,0 + 24,0)} = 1,8$$

$$\Phi = \frac{100 \cdot 12 \cdot 24 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{9 \cdot 1,8} = 25422 \text{ лм}$$

Відповідно до виконаного розрахунку вибираємо 5 світильників із трьома лампами ($n=2$) ЛБ 80 ($r=80 \text{ Вт}$) зі світловим потоком 5220 лм.

Потужність електроосвітлювальної установки:

$$R = r \cdot N \cdot n = 80 \cdot 9 \cdot 2 = 1440 \text{ Вт.}$$

Долікарняна допомога потерпілому.

У випадку отруєння робочою речовиною холодильної установки потерпілого потрібно вивести на свіже повітря або в чисте тепле приміщення, зняти з нього

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

забруднений холодильним агентом одяг, простежити, щоб подих його було вільним, і надати йому повний спокій.

У всіх випадках отруєння давати вдихати кисень (протягом 30 - 45 хв.) і зігрівати хворого грілками. При цьому потрібно дотримуватися обережності, щоб не викликати опіків, тому що при глибокому сні можливе зниження болючої чутливості. Добре дати міцний солодкий чай або кава. Якщо буде потреба дати вдихати з ватки нашатирний спирт.

При роздратуванні слизуватої оболонки рекомендується полоскати горло й промивати ніс 2 % - ним розчином соди або водою. Незалежно від стану пострадавшего він повинен бути відправлений до лікаря. При удушенні й кашлі хворого варто транспортувати лежачи

При влученні хладону в очі їх потрібно промити струменем чистої води й до приходу лікаря надягти темні захисні окуляри. Не можна забинтовувати ока й накладати пов'язку.

У випадку влучення хладону на шкіру щоб уникнути обмороження варто обробити уражена ділянка теплою водою (35 - 40 °С), а у випадку поразки великої частини тіла зробити загальну ванну. Витираючи тіло після ванни, потрібно прикладати добре вбирає воду рушник, а не розтирати її. Після цього на ушкоджену ділянку накладають пов'язку з маззю (Вишневського або пенициллиновой). Можна використати несолоне вершкове або соняшникове масло.

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

-звільнення потерпілого від дії струму (відключити електроустановку, перерубати проведення, скинути з його проведення за допомогою дерев'яного ціпка й т.д.);

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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

Висновок за розділом:

В Україні на даний момент погано виконуються права людини, а тим більше її безпекою паці при виробництві, тому необхідно приймати рішення для профілактики та покращенню умов праці в цій сфері. Розглянуті питання охорони праці дозволяють покращити самопочуття людей, умови праці, а також приводять до зниження виробництво травматизму, професійних захворювань.

У налагоджувати виробництво в умовах НС. При одержанні ж об'єктом слабких або середніх руйнувань відновлення виробництва цілком реально. До відновлення виробництва після таких руйнувань об'єкт і його персонал готовлять завчасно.

Як правило, плани й проекти відновлення виробництва розробляються у двох варіантах - на випадок одержання об'єктом слабких і середніх руйнувань. Для цих умов визначаються характер і обсяг першочергових відновлювальних робіт.

У розрахунках по відновленню будинків і споруджень указуються характер руйнування (ушкодження), перелік і загальний обсяг відновлювальних робіт (вартість, трудомісткість, строки відновлення); потреби робочої сили, приваблювані будівельні підрозділи об'єкта й обслуговуючий об'єкт організації; потреби в матеріалах, машинах і механізмах і ін. У розрахунках на ремонт устаткування вказуються: вид устаткування і його кількість, перелік ремонтно-відновлюваних робіт і їхня вартість, необхідна робоча сила, матеріали й запчастини, строки відновлення.

При визначенні часу на проведення відновлювальних робіт ураховується можливість радіоактивного зараження території об'єкта, а при застосуванні хімічної зброї застій отруйних речовин. Все це може відсунути строки початку робіт і знизити їхні темпи.

Відновлення об'єкта можливо при збереженні розроблених проектів, будівельної й технічної документації: планів, схем, інструкцій, технічних умов, керівництв з експлуатації й ремонту будинків і споруджень, технологічних і енергетичних ліній, агрегатів, устаткування, приладів і ін.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему «Проект холодильної установки для камери дозрівання бананів у регульованому газовому середовищі з оптимізацією енерговитрат у м. Херсон» було виконано комплекс досліджень та інженерних розрахунків, спрямованих на створення ефективної системи холодопостачання для холодильника місткістю 300 тонн бананів.

У ході роботи проведено аналіз технології дозрівання бананів у регульованому газовому середовищі та визначено основні параметри мікроклімату, необхідні для забезпечення якісного проходження процесу дозрівання. Встановлено, що підтримання температури повітря на рівні $+13^{\circ}\text{C}$, високої відносної вологості та рівномірного розподілу повітряних потоків є визначальними факторами для збереження товарних властивостей продукції та мінімізації її втрат.

Виконано розрахунок теплопритоків до холодильних камер з урахуванням кліматичних умов м. Херсон, конструктивних характеристик будівлі, тепловиділень від продукції, вентиляції, освітлення та технологічного обладнання. За результатами розрахунків визначено холодопродуктивність трьох камер дозрівання, яка становить відповідно 36,0 кВт, 25,6 кВт та 43,0 кВт.

На основі отриманих теплових навантажень виконано підбір основного холодильного обладнання. Для забезпечення необхідної холодопродуктивності прийнято поршневий компресорно-конденсаторний агрегат BITZER LH135E/4NES-20Y, технічні характеристики якого відповідають розрахунковим параметрам системи та забезпечують надійну роботу установки в заданому режимі. Для охолодження повітря в камерах дозрівання підбрано повітроохолоджувачі Alfa Laval серії Optigo, які забезпечують ефективний теплообмін та рівномірний розподіл охолодженого повітря по об'єму камер.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Окремим етапом роботи було проведено порівняльний аналіз холодоагентів R407C та R513A. Для обох холодоагентів виконано теплові розрахунки за однакових режимних умов: температурі кипіння +5 °С, температурі конденсації +42 °С, перегріві пари на всмоктуванні 5 К та переохолодженні рідкого холодоагенту 5 К. Результати розрахунків показали, що холодильний коефіцієнт системи при використанні R407C становить 4,75, тоді як для R513A його значення зростає до 4,98. Таким чином, застосування R513A дозволяє підвищити енергетичну ефективність холодильної установки приблизно на 4,8 %.

Крім покращення енергетичних показників, використання R513A забезпечує суттєве зменшення екологічного навантаження завдяки значно нижчому потенціалу глобального потепління. Значення GWP для R513A становить близько 630, що майже у три рази менше порівняно з R407C, для якого цей показник дорівнює 1774. Це відповідає сучасним тенденціям розвитку холодильної техніки та міжнародним вимогам щодо поступового скорочення використання холодоагентів з високим впливом на клімат.

Проведений аналіз підтвердив можливість використання одного й того самого компресорно-конденсаторного агрегату для роботи як на R407C, так і на R513A без внесення суттєвих змін у конструкцію холодильної установки. Це значно спрощує модернізацію існуючих систем та знижує капітальні витрати при переході на більш екологічні робочі речовини.

У результаті виконаної роботи розроблено технічно обґрунтований проєкт холодильної установки для камер дозрівання бананів загальною місткістю 300 тонн. Запропоновані технічні рішення забезпечують підтримання необхідних параметрів технологічного процесу дозрівання, надійну роботу обладнання, зниження питомого енергоспоживання та підвищення екологічної безпеки системи. Отримані результати можуть бути використані під час проєктування нових або модернізації існуючих підприємств зі зберігання та дозрівання тропічних фруктів.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз та проектування енергетичних систем» для студентів СВО «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» галузі знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання / Хмельнюк М.Г., Трандафілов В.В., Яковлева О.Ю. — Миколаїв: ОНТУ, 2022 р. — 164 с.
2. 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.
3. Amjad, W.; Waseem, M.; Munir, A.; Ghaffoor, A.; Asghar, F.; Gilani, G.A. Solar Assisted Dehydrator for Decentralized Controlled and Homogeneous Multi-Product Drying. *J. Sol. Energy Eng.* 2020, 143.
4. 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.
5. 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.
6. Dr. Ihsan Mustafa Ibrahim ; Comparison of Surface and Drip Irrigation Regimes for Banana (Musa AAA) cv. Grand Nain in Gezira, Sudan; May, 2012. 149.
7. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування".
8. ДСТУ EN 378:2017. Холодильні установки та теплові насоси. Вимоги щодо безпеки та охорони довкілля. Гармонізований стандарт України з європейськими нормами.
8. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарева ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т харч. технологій. — Миколаїв : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 222-223.
10. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М.Г. Хмельнюка; Одеська нац. академія харчових технологій. — Херсон : Грінь Д.С., 2014. — 484 с. : іл.
11. Холодильні установки [Текст]: навч. посіб. / О. С. Подмазко, С. Ю. Лар'яновський. — Миколаїв: ОДАХ, 2012. — 60 с.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98