

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____
Кафедра _____ теплоенергетики та холодильної техніки _____

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 20__ р.

« ____ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 142 Енергетичне машинобудування _____

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____ Холодильна техніка та технології _____

на тему: _____ Аналіз режимів зберігання плодів у холодильній камері при роботі ХУ на різних температурних режимах _____

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-9М

Шевченко Дмитро Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник _____ Масліков Максим Михайлович _____

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2021р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильна техніка та технологія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 10 ” листопада 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Шевченко Дмитро Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз режимів зберігання плодів у холодильній камері при роботі ХУ на різних температурних режимах

керівник роботи доцент Масліков Максим Михайлович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 05 ” 11 2020 року №925-к

2. Строк подання здобувачем роботи 01.02.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R507(фреон)

Тип продукту цибуля, картопля, морква, капуста

Ізоляційний матеріал жорсткий пінополіуретан

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1). Технолог. схема оброблення продукції. _____

2). Розрахунок холодильної частини проекту _____

3). Техніко економічні показники _____

4). Охорона праці _____

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника _____

2. Схема холодильної установки _____

Анотація

У проєкті проаналізовані режими зберігання плодів у холодильній камері за роботи холодильної установки на різних температурних режимах. Розглянуто фактори які впливають на якість та лежкість продукції при зберіганні, можливі втрати, зокрема хвороби плодів, особливості зберігання плодів в охолоджуваних камерах. Виконано розрахунок затрачуваної енергії для підтримання конкретних температурних режимів, та втрат продукту за цих режимів. Побудовано графіки залежностей отриманого прибутку від температурних режимів

Для виконання роботи використовувалось таке програмне забезпечення: “Microsoft Office 2010”, “CoolPack”, “Mathcad 2014”.

Список літератури 18 джерел.

Ключові слова: плоди та овочі, зберігання, втрати, температурний режим, холодильна установка

Вступ

Після збору врожаю плоди продовжують жити й розвиватися до тих пір, поки не перестигнуть. Процес, що відбувається в клітинах плодів, при якому вуглеводи розпадаються на двоокис вуглецю й воду з виділенням теплоти, називається «диханням».

Процес дихання супроводжується втратою маси плодів. Такі втрати називаються природними. Їх можна знизити, регулюючи інтенсивність дихання та випаровування вологи.

У різні періоди зберігання інтенсивність випаровування вологи різна. Найбільше енергійно випаровують вологу продукти, щойно закладені на зберігання. Надалі здатність тканин випаровувати вологу знижується, а наприкінці зберігання знову підвищується. Перезрівання завжди супроводжується посиленою вологовіддачею.

Щоб скоротити до мінімуму втрату маси плодів під час зберігання, необхідно охолодити їх якомога швидше після збору врожаю й підтримувати високу, але не вище 98 %, ступінь вологості в камері.

Охолоджувальні установки повинні мати достатню потужність для швидкого охолодження плодів, та забезпечення стабільного температурного режиму. Так як температура має одне з найважливіших значень, та напряму впливає на збереженість продукції, та, відповідно, отримані від реалізації кошти, її потрібно вдало підібрати, та точно підтримувати на протязі всього періоду зберігання.

1. Зберігання плодоовочевої продукції

1.1 Фактори що впливають на якість продуктів при зберіганні

При вивченні впливу різних факторів на зберігання плодоовочевої продукції враховуються різноманітні фактори - від якості самої продукції (її зараженості мікрофлорою та механічних ушкоджень), різноманітних способів доробки (сортування, мийка, упаковка), залежно від каналів реалізації, до способів зберігання: у холодильниках з вентиляцією, у регульованому газовому середовищі, з вакуумуванням тощо.

Застосування упаковки й належної тари для збереження якісних показників і смакових якостей товару при зберіганні й транспортуванні також є одним з визначальних факторів, що збільшують строки зберігання й прибутковість товаровиробників.

Для найбільш успішного зберігання зібраних продуктів варто впроваджувати так званий "холодильний ланцюг" - інфраструктуру холодильних об'єктів, що діє як єдине ціле від поля до споживача.

Його початкові ланки - це приміщення для попереднього охолодження поруч з виробництвом (полем, садом). Також необхідне створення малих і середніх холодильних сховищ у зручно розташованих місцях (зони виробництва, розподільні пункти, ринки). Звичайно, потрібно забезпечити спеціальні транспортні одиниці (рефрижераторні), особливо для експорту продуктів.

Важливим фактором, що збільшує строки зберігання є попереднє охолодження. При цьому усереднені строки попереднього охолодження повинні становити:

- від 1 до 3 годин після збору для продуктів, що швидко псуються, таких як виноград, суниця й інші ягоди;
- менш ніж через 24 години – для стійких до псування продуктів, таких як яблука й деякі види кісточкових фруктів;
- повільне охолодження або відсутність попереднього охолодження припускається для таких продуктів, як цитрусові, банани, а також картопля, цибуля, часник.

Тривалість зберігання залежить також від способу й умов зберігання. При цьому важливим фактором є ефективна вентиляція штабеля, що забезпечує:

- відведення тепла з поверхні продуктів;
- рівномірність температурного поля в об'ємі штабеля та охолоджуваного приміщення;
- усунення утворення застійних зон у камері;
- підтримання мінімально необхідного рівня кисню;
- усунення накопичення етилену в камері схову.

Виконання всіх цих правил забезпечує строки зберігання плодоовочевої продукції, які впливають на її додану вартість.

У таблиці 1.1 наведені узагальнені дані про оптимальні температурно-вологісні умови зберігання плодів та ягід і рекомендовану тривалість зберігання за цих умов. [3,4]

Таблиця 1.1

Найменування	Температура, °С	Вологість, %	Період зберігання
Яблука	-1 - +4	90 - 95	1-8 місяців
Баклажани	8 - 12	90 - 95	1-2 тижні
Броколі	0 - 1	95 - 100	1-2 тижні
Вишня	-1 - +2	90 - 95	3-7 днів
Суниця	0	90 - 95	5-7 днів
Капуста	0 - 1	95 - 100	3-7 місяців
Морква	0 - 1	95 - 100	4-8 місяців
Цвітня капуста	0 - 1	95 - 100	2-4 тижні
Селера	0 - 1	95 - 100	1-3 місяці
Слива	-1 - +2	90 - 95	1 - 8 тижнів
Смородина	-0,5 - 0	90 - 95	7-28 днів
Огірки	8 - 11	90 - 95	1-2 тижні
Часник	0	70	6-8 місяців
Виноград	-1 - 0	90 - 95	4-6 місяців
Дині	4 - 15	85 - 90	1-3 тижні
Цибуля	-1 - 0	70 - 80	6-8 місяців
Груші	-1 - +3	90 - 95	1-6 місяців
Картопля (молода)	4 - 5	90 - 95	3-8 тижнів
Картопля	4 - 5	90 - 95	4-8 місяців
Малина	-0,5 - 0	90 - 95	2-3 дні
Перець	7 - 10	90 - 95	1-3 тижні
Персик	-1 - +2	90	2-6 тижнів
Черешня	-1 - +2	90 - 95	2-3 тижнів

1.2 Лежкість плодів та овочів при зберіганні

Скорочення втрат плодоовочевої продукції при її тривалому зберіганні представляє багатокomпонентне завдання, у рамках якого необхідні нові підходи до одержання об'єктивних факторів, які впливають на збереження якості й потенціал лежкості продукції на всіх етапах - від поля до споживача. Успішне вирішення поставленого завдання не може бути досягнуте за допомогою якогось одного методу, а лише шляхом створення системи організаційних, технологічних і технічних заходів, спрямованих одночасно проти всіх видів втрат. До плодоовочевої продукції, яка найбільш часто закладаються на тривале зберігання, відносяться: картопля, цибуля, морква, капуста білокачанна, томати, буряк, яблука.

Головним засобом для продовження післязбиральної життєздатності соковитої плодоовочевої продукції є зберігання при оптимальних умовах за температурою й вологістю, які підтримуються в сховищі.

Огляд вітчизняної й закордонної літератури зі зберігання соковитої рослинної продукції показує, що точно визначити тривалість її зберігання досить важко.

І. Г. Алямовський [1] пропонує при непрямому прогнозуванні цього показника для окремих видів і сортів рослинної продукції, використати питому теплоту дихання продуктів. Формула Гора, котрий допустав, що в межах між температурою зберігання і замерзання плодів і овочів інтенсивність їх дихання може бути виражена експоненціальною функцією, яка має вигляд:

$$P = P_0 \exp(kt), \quad (1.1)$$

де P_0 – інтенсивність дихання плодів і овочів при 0°C ;

k – температурний коефіцієнт швидкості дихання.

Величина k для кожного виду плодів та овочів постійна, вона характеризує швидкість розпаду речовин в них і, таким чином, дозволяє судити про терміни можливого зберігання.

Якщо допустити що величина тепловиділень пропорційна інтенсивності дихання, то залежність тепловиділень плодів і овочів від температури навколишнього середовища можна представити аналогічною формулою:

$$q = q_0 \exp(kt),$$

де q_0 – кількість тепла, що виділяється плодами чи овочами при 0°C .

Роботою Гріна [5] встановлено, що відношення кількості теплоти, що визначається калориметруванням, до кількості теплоти, розрахованої за виділенням вуглекислим газом становить 0,86-1,27. Отже кількість теплоти, що виділяється плодами чи овочами еквівалентна інтенсивності дихання.

Застосування цих залежностей обмежено температурним інтервалом від криоскопічної температури до 40-45 $^\circ\text{C}$.

Для оцінювання зміни інтенсивності дихання зі зміною температури також використовують температурний коефіцієнт Q_{10} , який показує у скільки разів збільшується інтенсивність дихання при підвищенні температури на 10°C . Величина Q_{10} залежить від виду плодів їх віку, стану, а також температурних інтервалів.

Дані по інтенсивності дихання і тепловиділень різних плодів і овочів після статистичної обробки зведені до таблиці середніх значень q_0, P_0, k і Q_{10} [1](Додаток 1).

За наведеними формулами та величиною Q_{10} можна з достатньою точністю виразити залежність між швидкістю дихання і тепловиділеннями плодів і овочів та температурою навколишнього повітря. А це в свою чергу дозволяє врахувати додаткову витрату холоду на відведення теплоти дихання при холодильній обробці і зберіганні плодів та овочів, а також умови газообміну.

В. З. Жадан [6] вважає, що повніше це завдання можна вирішити при комплексному обліку питомої теплоти дихання й коефіцієнта випарної здатності продукту.

У перший період після збору плодів та овочів для них характерне активне дихання. Потім, у процесі зберігання, інтенсивність дихання знижується, потім поступово зростає, доки не досягне максимуму, пов'язаного із закінченням дозрівання. Після цього дихання продуктів сповільнюється, і вони вступають у фазу старіння.

На практиці тривалість та якість зберігання прийнято характеризувати коефіцієнтом технічної лежкоздатності $\epsilon_{\text{тл}}$, що являє собою відношення питомих витрат продукту при природних умовах зберігання до питомих витрат продукту при зберіганні в конкретних умовах охолодженого сховища.

В. З. Жадан [6] пропонує розраховувати коефіцієнт природної лежкоздатності ($\epsilon_{\text{л}}$) за формулою:

$$\varepsilon_{л} = \frac{C \left(\frac{1}{e^{tb}} - \frac{1}{e^{(t+1)b}} \right)}{0,139q_0b(0,15 + \varepsilon_u)},$$

де C – теплоємність продукту, кДж/(кг К);

t – температура зовнішнього повітря, °С;

b – температурний коефіцієнт швидкості дихання при 0°С, $\frac{1}{\text{°С}}$;

q_0 – питома теплота дихання при 0°С, Вт/т;

ε_u – коефіцієнт випарної здатності продукту, частки одиниці.

Для визначення фізичних величин, які входять у формулу на дослідницькій ділянці Селекційно-генетичного інституту (у м. Одесі) були проведені виробничі випробування дослідницьких партій сільськогосподарської продукції, у період масового збирання врожаю.

Питому теплоту дихання (q_0) визначали експериментально за кількістю вуглекислого газу, що виділився, при температурі 0°С, а температурний коефіцієнт швидкості дихання (b) - на підставі питомої теплоти дихання при температурах 0°С, 2°С, 4°С, 6°С й 8°С. Значення теплоємності продуктів (C) розраховували за вмістом розчинних сухих речовин за допомогою рефрактометра УРЛ – 1. Коефіцієнт випарної здатності (ε_u) плодів, овочів і картоплі визначали експериментально, відповідно методиці [7]. Показники лежкоздатності ($\varepsilon_{л}$) плодів, овочів і картоплі визначали у вересні в період масового збирання врожаю на півдні України.

Результати досліджень [7] наведені в таблиці 1.2.

Проведені дослідження показали, що вологовиділення плодів при диханні залежить від ступеня стиглості. Вологоутримуюча здатність таких плодів, як абрикоси, персики, яблука зимових сортів, айва збільшувалася по мірі досягання. Для слив та яблук літніх сортів, томатів – зменшувалася. Перестигання продуктів у всіх випадках приводило до зменшення їх вологоутримуючої здатності.

Механічне травмування коренеклубнеплодів у процесі механічного збирання значно збільшувало коефіцієнт випарної здатності (ϵ_u), тому що для травмованих ділянок плоду $\epsilon_u = 1$. Проростання й ураження продуктів мікроорганізмами збільшувало коефіцієнт випарної здатності ϵ_u в десятки разів.

Таблиця 1.2 - Теплофізичні й фізіологічні характеристики деяких видів плодовоовочевої продукції

Назва продукту	Помологічний сорт	Теплоємність, $C, \frac{кДж}{кг \cdot K}$	Питоми значення коефіцієнта швидкості дихання, $b, 1/0C$	Коефіцієнт випарної здатності, ϵ_u , частини одиниць	Питомі значення теплоти дихання $q_o, Вт/г$	Коефіцієнт природної лежкоздатності, ϵ_p , частини одиниці
1	2	3	4	5	6	7
Картопля	Одеський 24	3,56	0,0617	0,022	10,0	4,70
Морква	Шантене	3,73	0,1321	0,420	9,8	0,28
Капуста білокачанна	Завадовська Амагер	4,10 3,98	0,0778 0,0785	0,350 0,380	13,8 14,20	0,79 1,13
Томати: зелені червоні	Маяк	3,99 4,02	0,0884 0,1258	0,012 0,028	8,5 12,1	2,35 1,05
Перець солодкий: зелений червоний	Ластівка	4,08 4,10	0,0753 0,0931	0,140 0,170	40,3 49,8	0,50 0,38

Яблука	Ренет Сімеренко	3,77	0,0927	0,020	9,80	3,87
	Налив білий	3,91	0,1021	0,030	14,3	2,25
	Джонатан	3,80	0,0935	0,012	12,66	3,13
	Рихард Делишес	3,83	0,0871	0,009	11,80	3,81
Сливи	Ренклод зелений	3,65	0,1152	0,020	18,60	1,39
Абрикоси	Червоношокий	3,70	0,1085	0,021	23,60	0,58
Персики	Перспективний	3,52	0,1142	0,250	23,80	0,45
Виноград	Шасла біла	3,85	0,1285	0,080	14,20	1,16

При визначенні масообмінних характеристик продуктів послідовно ставилося кілька дослідів і за експериментальними даними визначалося середнє значення коефіцієнта випарної здатності. Встановлено, що вологоутримуюча здатність плодів та овочів різна для кожного помологічного сорту й виду продукту. Наприклад, для різних сортів картоплі й винограду, відібраних для досліджень із числа районваних і перспективних для Одеської області, встановлено, що їхні значення ϵ_u можуть відрізнятися в 1,5-2 рази.

Однією із причин підвищених втрат овочів при зберіганні є недотримання на практиці вимог сортового відбору. Часто в те саме сховище й навіть в один штабель потрапляють продукти різних сортів і ступенів стиглості.

Вплив сортових особливостей картоплі й строків збирання на коефіцієнт випарної здатності [7] наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3

Сорт картоплі	Коефіцієнт випарної здатності, ϵ_v		
	1 доба після літнього збирання (липень - серпень)	1 доба після осіннього збирання (вересень - жовтень)	180 діб зберігання після осіннього збирання
Одеський 24	0,105	0,022	0,012
Кур'єр	0,206	0,064	0,013
Приєкульський ранній	0,117	0,035	0,016
Сіянець 73	0,109	0,030	0,026
Сіянець 526	0,132	0,051	0,025

На цей час існують стандартні величини природних втрат маси картоплі, які розроблені для теплих і холодних кліматичних зон України. Були продовжені вивчення цих втрат маси картоплі, що виростає в областях, які традиційно поставляють її в інші райони України, а також вплив якісного стану бульб при закладанні на зберігання, на величину природних втрат.

Результати досліджень [7], що отримані, представлені в табл. 1.4.

Інтенсивність випаровування вологи з поверхні плодів й овочів у період зберігання перебуває в складній залежності від комплексу внутрішніх факторів - особливостей будови плоду, фізіологічного стану, віку, хімічного складу тканин, характеру й швидкості проходження біохімічних процесів, а також від зовнішніх умов - температури, вологості й атмосферного тиску.

Чим рівніше проходить процес дихання плодоовочевої продукції в період зберігання, тим кращі їхні товарні якості, й вони придатні для тривалого зберігання. Тому процес дихання необхідно розглядати як важливий показник внутрішніх змін, що відбуваються в продуктах і обумовлюють їх лежкоздатність.

Таблиця 1.4

Області вирощування картоплі	Тривалість зберігання, діб	Втрати маси, %	
		після зберігання протягом 30 діб	за весь період зберігання
Житомирська	203	1,15	7,80
Кримська	203	0,93	6,20
Сумська	203	1,17	7,90
Черкаська	203	1,08	7,30
Чернігівська	203	1,24	8,40

Бульби, вирощені в більш теплих південних і центральних районах України, до моменту збирання краще визрівають, мають більш щільні покривні тканини й до початку збирання перебувають у стані глибокого фізіологічного спокою. Такі бульби повільніше витрачають вологу й пластичні речовини в період зберігання. Найменші природні втрати маси спостерігалися в картоплі, яка була вирощена у Криму й Черкаській області.

Для з'ясування впливу умов вирощування на тривалість зберігання були проведені експериментальні дослідження зі зберіганням соковитої сільськогосподарської продукції, що вирощена в різних кліматичних зонах України.

У таблиці 1.5 наведені дані, які показують вплив кліматичних умов вирощування на інтенсивність дихання продуктів [7].

Таблиця 1.5

Продукти	Помологічний сорт	Інтенсивність дихання для різних міст України, Вт/т		
		Одеса	Вінниця	Суми
Картопля	Одеський 24	12,0	11,2	10,0
Буряк столовий	Єгипетський	21,4	20,7	19,5
Буряк цукровий	Український ЧС-70	9,1	8,5	7,2
Яблука	Ренет Сімеренко	12,1	10,5	9,7
	Старкримсон	13,6	12,1	11,4
	Джонатан	19,4	16,2	11,7

Найважливіша умова гарної лежкості овочів - своєчасне збирання їх у зрілому стані, до настання заморозків. Недостиглі овочі з недостатньо щільною оболонкою не здатні довго зберігатися. Овочі, що перестояли й перестигли, втрачають поживні речовини, грубішають, нерідко розтріскуються, швидше занедужують, легко ушкоджуються при зберіганні та наступному транспортуванні і тому не витримують тривалого зберігання. Так, затримка зі збиранням томатів, як правило, призводить до розтріскування плодів і до зниження змісту сухих речовин. Вже через два дні після появи тріщин зміст сухих речовин у них зменшується на 10 - 15 %, а через кілька днів втрати сухих речовин досягають 30 %.

Критерієм тривалості зберігання плодоовочевої продукції є результати аналізу кількості води в продукті, яка визначає інтенсивність та напрямок протікання біохімічних процесів. Необхідна наявність води в клітинах тканини продукту обумовлює їхній тургор (твердість продукту), що безпосередньо пов'язане з товарною якістю. При зниженні тургору на 5-7% втрачається один з головних показників товарної якості - соковитість, що робить тривале зберігання економічно нерентабельним.

У табл. 1.6 наведені оптимальні температури зберігання яблук різних помологічних сортів, які вирощені у різних зонах України [9].

Таблица 1.6

Помологічний сорт	Температура зберігання, °С			
	У середній зоні ^{*)}		У Криму ^{**)}	
	від	до	від	до
Банан зимовий	-1	+3	-1	--
Бойкен	-1	0	0	--
Вагнера призове	-1	+1	--	--
Вайснєп	-1	+1	-2	+4
Голден Делишес	-1	+2	--	--
Джонатан	0	+2	0	--
Делишес	-1	+2	-2	+2
Мантуанське	-1	+4	-2	--
Пєпін лондонський	-1	0	-2	--
Рєнет Орлеанський	-1	+2	-2	+4
Рєнет Симиренка	+1	+2	-2	+4
Рєнет шампанський	+1	+4	+4+	--
Розмарин білий	-1	0	-2	--
Сари синап	-1	0	-2	--
Старкінг	0	+2	0	--
^{*)} Дані УкрНДІ зрошуваного садівництва; ^{**)} Дані Кримської дослідної станції.				

Відомо, що зневоднювання швидкопсувних продуктів - головна причина денатурації білків, розвитку мікробіологічних процесів і зниження споживних якостей. Процес зневоднювання плодів, овочів та картоплі, що тягне за собою втрату імунітету до мікробіологічних уражень, може бути ослаблений при захисті їх від зовнішніх теплонадходжень і підтримці в камерах зберігання мінімально припустимої температури.

Результати промислових досліджень зберігання цукрового буряка у Вінницькій області [8] показали, що зі ступенем зів'янення коренеплодів (від 7% до 23 %) пов'язане збільшення кількості коренів, уражених гнилизною від

37,2% до 96 %. Це ілюструє кореляційну залежність паразитарних процесів від природних втрат продуктів.

Втрата вологи спричиняє зміну фізико-хімічного складу протоплазми й порушення обміну речовин, що виражається в зміні спрямованості активності ферментів у бік гідролізу. У зв'язку із зів'яненням коренеплодів і порушенням спрямованості в діяльності ферментів, різко знижується стійкість до захворювань, і збільшуються втрати плодів і овочів при зберіганні.

Іншими критеріями тривалого зберігання також є якісні й кількісні зміни пектинових речовин, які в плодах і овочах зустрічаються в трьох видах: пектин, протопектин та пектинова кислота. З перетворенням пектинових речовин під впливом ферментів зв'язана м'якість плодів при перезріванні - нерозчинені форми клітковини (протопектин) перетворюються у водорозчинений пектин, який сприяє подальшому перетворенню в ході обміну речовин. Розпад високомолекулярних форм пектину на більш низько полімеризовані форми сприяє зміні їх особливостей. При цьому вони втрачають здатність утримувати воду, тканини продукту втрачають тургор і плоди в'януть.

На стійкість плодів і овочів до захворювань при зберіганні впливає структура тканин, стан шкірочки продуктів, наявність на ній воскового нальоту. Чим щільніша оболонка й тканина плодів, тим краще збережений восковий наліт, і тим складніше мікроорганізмам проникнути в клітину. Проростанню спор мікроорганізмів також сприяє наявність на продукті крапель вологи при їх відпріванні внаслідок перепаду температур. У той же час у місцях ушкоджень плодів, закоркований шар підвищує їхню стійкість до захворювань.

Ступінь лежкості плодів та овочів при дії певних специфічних екзогенних факторів (агротехніки, умов збору, перевезень, зберігання) позначають терміном «схоронність». Схоронність характеризується строком зберігання, рівнем зміни якості й втратами продукції за певний період. При відхиленні від оптимальних умов хоча б одного показника, природна лежкість повністю не реалізується.

Лежкість характеризується також втратою тургору рослинною клітиною, зневоднювання якої є важливою проблемою дорогого зберігання. Згідно з даними Є. Ф. Балана [7], максимально припустима втрата вологи (води), після якої продукт стає непридатним для продажу й зберігання, становить для:

- яблук, винограду, шпинату, салату, брокколі, моркви в пучках з листами від 3 до 4 %;
- груш, вишні, персиків, суниці, малини, смородини, буряка, гороху, огірків, квасолі (у бобах) від 5 до 6 %;
- моркви, капусти білокачанної, картоплі, перцю, томатів від 7 до 8 %;
- цибулі ріпчастої - 10 %.

Зів'янення від зневоднювання обмежується не тільки втратами маси й зміною зовнішнього вигляду об'єктів зберігання. Зневоднювання призводить до істотних порушень обміну речовин, до активізації процесів гідролізу, при яких губиться харчова цінність продукту.

Таким чином, одними з перших ознак ушкодження структури тканини тих чи інших культур при зберіганні є порушення колоїдно-хімічних й осмотичних властивостей клітин і підвищення проникності їхніх мембран. Це показано в роботі Н. Д. Немова [10].

Аналіз досліджень дозволив систематизувати особливі умови, що впливають на лежкість різних видів. Умови, які передують закладці продукції на тривале зберігання та їх вплив на лежкоздатність наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7

Види продукції Найменування умов	Яблука	Груші	Виноград	Сливи	Вишня, черешня	Персики.	Ягоди	Цитрусові	Банани	Картопля	Цибуля, часник	Коренеплоди	Капуста	Гарбузи	Дині	Огірки	Томати
Вирішальне значення строку збору		x		x		x			x							x	x
Короткий період після збору		x			x	x	x										
Швидке охолодження	x	x		x	x	x	x					x					
Лікувальний період										x							
Захист від механічних травм		x		x	x	x	x								x		
Попередня обробка			x	x							x	x		x			
Програмоване зберігання	x	x				x											
Вплив ступеня зрілості		x						x									x
Вплив циркуляції повітря	x									x		x	x	x	x		
Застосування РГС (МГС)	x	x	x				x		x			x	x			x	
Антимікробна обробка			x	x				x			x						
Дозрівання		x							x								x
Затримка проростання										x	x						

На відміну від втрати маси, що в значній мірі визначається властивостями продукту й умовами зберігання, втрати, викликані хворобами, прогнозувати важко: вони первісно протікають у прихованій формі, а потім можуть прийняти характер епідемій [11], що становить істотну комерційну небезпеку.

1.3. Хвороби плодів при зберіганні

Однією з головних причин втрат у процесі зберігання плодів й овочів є хвороби продуктів, що проявляються в післязбиральний період. У цей час яскраво виражений характер має тенденція до зростання втрат біомаси плодовоовочевих продуктів, викликаних мікроорганізмами, які в окремі роки коливаються в середньому від 6,2 до 23,2 %.

На поверхні плодів, овочів і картоплі перебуває велика кількість мікроорганізмів, що потрапляють на рослинні об'єкти під час вирощування, збирання, транспортування й зберігання. Кількість цвілевих грибів на 1 г плодів, ягід та овочів становить до $7 \cdot 10^6$ клітин, дріжджів до $3 \cdot 10^7$, бактерій до $1 \cdot 10^8$, кислотоутворюючих бактерій до $5 \cdot 10^5$ клітин. Особливо багато мікроорганізмів на поверхні коренеплодів і картоплі. Кількість плісняви на моркві досягає $10^4 - 10^6$ клітин на 1 г, дріжджів $10^4 - 10^5$, бактерій $10^5 - 10^8$ клітин на 1 г продукту. Високий рівень занасіненості мікроорганізмами також у ягід, плодівих і зелених овочів. У плодів, особливо зерняткових, він менший [1].

Хвороби при зберіганні плодів й овочів та заходи їхнього уникнення при зберіганні занесені в Додаток 2.

Фізіологічні захворювання проявляються при порушенні деяких метаболічних процесів під час дозрівання й старіння. Втрати фруктів й овочів у результаті фітопатологічних і фізіологічних уражень набагато вищі ніж масштаби самих уражень, оскільки навіть порівняно невеликі по площі або обсягу ушкодження роблять непридатним для продажу й зберігання весь продукт.

До такого ж наслідку призводять і механічні ушкодження, особливо на заключному етапі зберігання, коли в результаті дозрівання відбувається розм'якшення м'якоті продуктів і знижується їхня міцність. Цей фактор впливає під час транспортування (особливо на далекі відстані).

Погіршення якісних показників, обумовлених як природними причинами (дозріванням, старінням, зростальною активністю та ні.), так і впливом зовнішніх факторів (навколишнього середовища, ушкоджень, хвороб), знижують поживні властивості рослинних продуктів і приводять до зменшення ціни при реалізації.

2. Особливості зберігання плодів та овочів в охолоджуваних камерах

Найпоширенішим способом зберігання плодів й овочів є зберігання в холодильниках. Тривалість зберігання визначається цілою низкою факторів, починаючи від впливу ґрунтовокліматичних умов вирощування культур, сортових особливостей, раціонального використання добрив, агротехніки, зрошення, системи захисту від шкідників, хвороб і бур'янів, строків і способів збирання, товарної обробки та, звичайно ж, способів та умов зберігання. Плоди й овочі, призначені для тривалого зберігання, повинні бути здоровими й не мати механічних ушкоджень. Хворі та ушкоджені плоди не будуть довго зберігатися, а, що імовірно, стануть причиною зростаючих втрат.

Всі біохімічні процеси у фруктах та овочах залежать від температури [10, 12, 13]. При високій температурі відбувається прискорений обмін речовин, втрата вологи, вітамінів, органічних речовин. Залежність обміну речовин від температури позначається числом Ван Хоффа. Наприклад, для моркви й капусти це число знаходиться між 2 й 3, тобто при підвищенні температури на 10°C інтенсивність дихання подвоюється або потроюється.

Простіше кажучи, овочі починають швидше "старіти" і робитися непридатним для використання. Тому надважливо якнайшвидше охолодити продукцію, призначену для закладки на тривале зберігання.

Після збирання плодів і переміщення їх у холодильник найважливішими процесами, що забезпечують тривале зберігання, є процеси зниження дихання й транспірації. Тому для оптимального зберігання плодів та овочів необхідно створення й підтримання оптимального температурно-вологісного режиму, створення середовища з оптимальною концентрацією кисню й

вуглекислого газу, видалення етилену. Оптимальні параметри температури й вологості при сучасних умовах зберігання основних видів плодоовочевої продукції в звичайних холодильниках наведені в Додатку 3

Щоб істотно зменшити природні збитки маси плодоовочевої продукції й максимально продовжити термін зберігання, необхідно якнайшвидше охолодити продукцію після збору врожаю й підтримувати оптимальні параметри зберігання.

2.1 Попереднє охолодження

Швидке охолодження щойно зібраної продукції (відразу після збирання врожаю) забезпечує оптимальні умови транспортування й подальшого зберігання, забезпечуючи при цьому від 5 до 20 % ,зниження втрат від псування й втрати маси. Швидке попереднє охолодження збільшує тривалість холодильного зберігання зерняткових плодів і винограду на 1- 1,5 місяців, кісточкових плодів на 15 -20 діб, ягід на 7-14 діб, а овочів (залежно від виду й сорту) - від декількох тижнів до декількох місяців.

Спосіб попереднього охолодження визначають у відповідності зі специфічними особливостями продукції, вимогами до швидкості охолодження, цільовим призначенням (транспортування, зберігання, реалізація) і планованим терміном збереження якості. Тривалість попереднього охолодження залежить від способу охолодження, а також виду й початкової температури продукту. Не менш важливим є правильний вибір тари й засобів транспортування попередньо охолодженої продукції. Для попереднього охолодження рослинних продуктів використовують різні методи:

- повітряне охолодження в камерах чи тунелях;
- гідроохолодження;
- охолодження з вакуумуванням та інші.

Найчастіше в камерах використовують повітряне охолодження. З цією метою камери обладнують повітроохолоджувачами, що мають площу поверхні охолодження приблизно у два рази більшу порівняно з камерами схову, та вентиляторами, що забезпечують підвищену циркуляцію повітря (від 40 до 100 обсягів камери на годину). Цей спосіб, доступний для будь-якого охолоджуваного фруктосховища, дозволяє направляти на охолодження необхідні партії продукції для відвантаження або закладки на тривале зберігання. Контейнери чи ящики, для швидкого охолодження, варто встановлювати в камері так, щоб повітряний потік легко проходив через всю продукцію. Плоди, що вільно омиваються потоком повітря з температурою 0° С, охолоджуються від 20° до 2° С за дві години. При щільному впакуванні швидкість може бути значно знижена, але при цьому збільшується час охолодження. Для охолодження плодів у камерах варто використати температуру не нижче 1°С.

Однчасне охолодження всієї завантаженої маси плодів й овочів найбільш повно відповідає технологічним вимогам та, як правило, відповідає умовам зберігання при активному вентиляванні, однак застосування його несумісне зі швидким охолодженням. Охолодження всієї маси рослинних продуктів можливе й доцільне при хорошій організації виробництва (швидкому завантаженні сховища), порівняно невеликій ємності камер (до 250 т), а також від сировини, повільне охолодження якої дозволяє

адаптуватися до холоду (наприклад, картопля). Продукти завантажують у камери не більше ніж на 15 % їхньої місткості, підтримуючи температуру в них на рівні близько 1°C. Тривалість охолодження 16 – 24 години.

З метою скорочення високих польових втрат продуктів використовуються різні методи вповільнення процесів метаболізму. У першу чергу - попереднє охолодження, якого особливо потребують швидкопсувні продукти з високими внутрішніми тепловиділеннями (ягоди, кісточкові плоди, зелені овочі). Так, інтенсивне псування суниць відбувається, якщо інтервал між її збором і термообробкою перевищує одну годину, черешні – 4 год. Якість охолодженої продукції (суниці та яблук) при зберіганні, зазвичай, в 2–4 рази вища, ніж без охолодження [14].

Застосування попереднього охолодження перед транспортуванням скорочує втрати персиків і винограду в 3-5 разів. Тривалість охолодження й пов'язані з цим втрати залежать від виду охолоджуванних продуктів, їхніх розмірів, діапазону температур і параметрів охолоджуваного середовища. Втрати маси при повітряному охолодженні див. у табл. 2.2

Таблица 2.1

Продукт	Розмір, мм	Температура, °С			Час охол., г.	Втрати маси, %
		поч.	кін.	охол.		
Абрикоси	41 - 46	22	0,5	-0,5	3,3	0,93
Морква	25...28	21	0,5	0	2,3	2,06
Кавуни	200... 250	25	0,5	-0,5	18,3	2,42
Виноград	26...35	22	0	-0,5	6,3	0,14
Баклажани	28...44	22	3	0	2,5	0,20
Помідори	60...65	24	1	-0,5	6,4	1,11
Перець	70...75	22	8	-0,5	1,2	0,10
Персики	60...65	21	1	-0,5	6,0	0,54

Як показав дослід з томатами й з виноградом [14], скорочення періоду часу від збору до охолодження відіграє не менш важливу роль у зниженні втрат, ніж скорочення тривалості самого охолодження. Необхідно також швидше охолоджувати ушкоджені продукти. Однак, високий темп пониження температури не є сприятливим для всіх продуктів. Швидкість зниження температури для картоплі за добу не має перевищувати 1°C , оптимальний темп охолодження становить $0,25^{\circ}\text{C}/\text{добу}$., при більш швидкому охолодженні (зниженні температури від 15°C до 4°C менш, ніж за 20 діб) можуть з'явитися функціональні розлади. Таке ж обмеження швидкості охолодження існує для багатьох плодів із клімактерієм, або окремих сортів, що піддаються низькотемпературному стресу [14].

Сировину, призначену для перевезення на великі відстані, проохолоджують безпосередньо в залізничних ізотермічних вагонах, при забезпеченні в них безперервної циркуляції повітря. Вагони, завантажені плодами, подаються на станції попереднього охолодження, які оснащені потужними холодильними установками й повітроохолоджувачами. Початкова температура повітря, що подається у вагони, близько 0°C . По мірі охолодження продукту, вона поступово знижується на $1-2^{\circ}\text{C}$ протягом години, й доводиться до -10°C . Напрямок руху повітря змінюють через кожні 20-30 хвилин. Тривалість охолодження плодів та овочів від температури $25-30^{\circ}\text{C}$ до $5-4^{\circ}\text{C}$ становить 6-8 годин.

2.3 Особливості систем повітряного охолодження камер зберігання плодів та овочів

Організація відведення теплоти від фруктів та овочів при повітряній системі охолодження залежить від їх упакування, способу штабелювання вантажу або висоти насипу. Кратність вентилявання залежить також від виду рослинної сировини, ступеня зрілості та інших факторів.

При щільному укладанні впакованих вантажів для проходження повітря створюються більші гідравлічні опори. Тому особливістю штабелюваного зберігання є необхідність забезпечити проходження повітря між ящиками штабеля.

За даними експериментів[15], швидкість повітря в щілинах між ящиками повинна становити від 0,3 до 0,5 м/сек. У ящиках повітря рухається за рахунок природної конвекції. У насипі вантажу (при зберіганні картоплі, моркви, буряка) швидкість повітря повинна становити від 0,2 до 0,05 м/сек., а його температура змінюватися залежно від висоти насипу на 0,2 – 0,5 °С.

Тому в процесі зберігання фруктів у штабелі створюються різні температурно-вологісні ситуації, які у значній мірі впливають на якісні показники сировини та строки у разі її зберігання. Залежно від ситуації, можуть виникати зони відпівання (у верхній частині штабелю), викликані радіаційним охолодженням вантажу з боку покриття або охолоджуючих приладів.

При надходженні теплого зовнішнього повітря або при довантаженні камер теплою сировиною виникає явище "перекинутої" циркуляції, у цьому випадку тепле повітря обмиває охолоджуваний вантаж і на ньому випадає роса. Тому за рахунок того, що для створення умов випадання вологи на

холодній поверхні (при $\phi = 0,95 - 0,96 \%$) необхідна різниця температур усього $0,3 - 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$, для запобігання випадіння роси необхідно використовувати системи з подачею охолодженого повітря знизу вгору.

Тому у найпоширеніших й ефективніших системах охолодження фрукто-овочесховищ використовують повітроохолоджувачі, розташовані в камерах таким чином, щоб охолоджуване повітря надходило у вантажний об'єм та, обмиваючи штабель із рослинною сировиною, на зворотному шляху до повітроохолоджувача сприймало теплоту, що надходить через огороження та від працюючих електродвигунів.

Потрібно враховувати, що фрукти, особливо чутливі до зміни температури (наприклад, банани), повинні укладатися в штабель із досить великими проміжками. Це необхідно тому, що при щільному укладанні штабеля вентиляція охолоджуючим повітрям відбувається не тільки в результаті напору, створюваного вентилятором, а також за рахунок різниці щільності холодного й теплого повітря усередині штабеля.

Найбільшого поширення в охолоджуваних сховищах одержала система загальнообмінної вентиляції. По способах подачі у вантажний простір повітря, що вентилює, розрізняють різновиди такої вентиляції:

- безканална;
- одноканальна;
- двоканальна;
- ежектуюча.

3.1 Розрахунок затраченої енергії для зберігання плодів за різних температурних режимів та втрат

Розглядалися такі варіанти зберігання плодів:

Режими з температурами $-3 \div 5$

Місткість камери 100т

Продукти: сливи, яблука, груші, виноград, капуста, морква

Термін зберігання – 3 місяці

Для розміщення вантажу використовується камера розміром $15 \times 15 \times 6$, з сендвіч панелей товщиною 80мм, $k_d = 0,275 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, в м.Київ.

Теплонадходження до камери через огороження:

$$Q_1 = k_d F (t_3 - t_b), \quad (3.1)$$

де k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження;

F – площа поверхні огороження, м^2 ;

t_3 – зовнішня температура, $^\circ\text{C}$

t_b – внутрішня температура, $^\circ\text{C}$

Теплонадходження через підлогу.

Оскільки підлога не має підігріву, то теплонадходження рахується як сума втрат через умовні зони шириною 2м.

$$Q_1 = k_y F (t_3 - t_b) m, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

де k_y – умовний коефіцієнт теплопередачі для відповідної зони.

Коефіцієнт m характеризує зростання термічного опору за рахунок теплоізоляції

Зводжу теплонадходження через огороження для кожного режиму до таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Режим	Q_1 , Вт
-3	5812,88
-2	5641,91
-1	5470,94
0	5299,98
1	5129,01
2	4958,04
3	4787,07
4	4616,11
5	4445,14

Камери зберігання фруктів і овочів обладнують приточно- витяжною вентиляцією. Кратність повітрообміну складає 3 об'єми камери за добу, теплонадходження при вентиляції будуть складати 3 об'єми камери за добу.

Визначаю за формулою:

$$Q_2 = aV\rho(i_3 - i_B)/(24 \cdot 3600) \quad (3.3)$$

де a – розрахункова кратність циркуляції повітря через нещільності; V – об'єм камери, ρ – густина газового середовища, i_3, i_B – ентальпії зовнішнього і внутрішнього повітря.

Розрахунки заносу до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Теплонадходження від вентилявання камери

Режим	Q_2 , Вт
-3	3956,2
-2	3848,73
-1	3741,96
0	3605,36
1	3500,13
2	3395,61
3	3261,6
4	3158,61
5	3026,37

Теплонадходження від дихання плодів

Визначаю теплонадходження користуючись формулою Гора:

$$Q_3 = G_{\text{кам}} q \exp(kt) \quad (3.4)$$

де $G_{\text{кам}}$ – місткість камери, т.;

q – тепловиділення продуктів при зберіганні, Вт/т;

k – температурний коефіцієнт швидкості дихання $\frac{1}{^\circ\text{C}}$;

t – температура оточуючого повітря °С.

Результати розрахунків для кожного продукту та режиму зводжу до таблиці 3.3

Таблиця 3.3 Теплонадходження від дихання плодів, Вт

Режим/продукт	Слива	Яблука	Груші	Виноград	Морква	Капуста
-3	1331,85	914,86	1312,55	940,8	908,83	1148,16
-2	1494,02	1004,22	1393,3	1068,95	1036,97	1241,05
-1	1675,93	1102,32	1479,01	1214,56	1183,17	1341,46
0	1880	1210	1570	1380	1350	1450
1	2108	1328,19	1666,58	1567,97	1540,34	1567,31
2	2365,69	1457,93	1769,1	1781,54	1757,52	1694,12
3	2653,74	1600,34	1877,94	2024,21	2005,32	1831,18
4	2976,86	1756,67	1993,46	2299,94	2288,06	1979,34
5	3339,33	1928,26	2116,1	2613,22	2610,66	2139,48

Так як інші види теплонадходження не залежать від параметрів внутрішнього газового середовища камери, ваги в загальному результаті вони не матимуть, тому їх не рахую.

Суму теплонадходження в кожному режимі зводжу до таблиці 3.4

Таблиця 3.4 Сумарні притоки до камери для кожного режиму, Вт

Режим/продукт	Слива	Яблука	Груші	Виноград	Морква	Капуста
-3	11100,93	10683,94	11081,6	10709,89	10677,91	10917,24
-2	10984,66	10494,87	10883,94	10559,6	10527,61	10731,7
-1	10888,60	10314,99	10691,68	10427,23	10395,85	10554,14
0	10785,34	10115,34	10475,34	10285,34	10255,34	10355,34
1	10738,05	9957,33	10295,72	10197,11	10169,48	10196,45
2	10719,34	9811,58	10122,76	10135,2	10111,17	10047,77
3	10702,41	9649,02	9926,61	10072,89	10053,99	9879,86
4	10751,59	9531,39	9768,19	10074,66	10062,78	9754,06
5	10810,85	9399,77	9587,61	10084,73	10082,17	9610,99

Будую цикли для забезпечення потрібних температурних режимів.

Використано фреон 507, одноступенева установка.

Фреон 507 являє собою азеотропну суміш хладонів R125 і R143а, в рівних пропорціях. Він не змінює склад при кипінні. Фреон не чинить пагубної дії на озоновий шар, безпечний для людей, широко приміняється в контурах сучасних холодильних установок.

Температуру кипіння приймаю на 3°C нижче температури в камері

Температура конденсації залежить від температури повітря навколишнього середовища. Приймаю вище на 10°C вище розрахункової температури повітря.

$$t_k = t_3 + 10 = 31 + 10 = 41^\circ\text{C} \quad (3.5)$$

Різницю температуру перегріву приймаю 3К, переохолодження 3К.

Ключові температури циклів зводжу до таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Режим	t_0	t_k	$t_{\text{перех}}$	$t_{\text{всмокт}}$
-3	-6	41	38	-3
-2	-5			-2
-1	-4			-1
0	-3			0
1	-2			1
2	-1			2
3	0			3
4	1			4
5	2			5

За визначеними температурами побудовано цикл холодильної одноступеневої машини. Додаток 4.

Питома масова холодопродуктивність установки:

$$q_0 = i_1 - i_4, \text{кДж/К} \quad (3.6)$$

Питома робота стиснення в компресорі:

$$l = i_2 - i_1, \text{кДж/кг} \quad (3.7)$$

Масова витрата циркулюючого холодоагенту для відведення:

$$M = \frac{Q_0}{q_0}, \text{кг/с} \quad (3.8)$$

Теоретична потужність стискання:

$$N = M_{\text{км1}} l, \text{ Вт} \quad (3.9)$$

Результати розрахунків по кожному циклу зводжу до таблиці 3.6

Таблиця 3.6

Режим/Параметр	q_0 , кДж/К	l , кДж/кг
-3	114,05	26,62
-2	114,59	25,90
-1	115,13	25,18
0	115,49	24,64
1	115,85	24,1
2	116,21	23,38
3	116,74	22,67
4	117,10	21,95
5	117,06	21,23

За аналізом діючих підприємств, компресори за три місяці працюють близько 1500 годин

Ціна на електроенергію для підприємств -- 157,1 грн/МВт·год [16]

Таблиця 3.7 Витрати енергії на зберігання плодів для кожного режиму

Режим/продукт	Слива	Яблука	Груші	Виноград	Морква	Капуста
-3	2591,03	2493,7	2586,52	2499,76	2492,29	2548,15
-2	2482,79	2372,08	2460,02	2386,71	2379,48	2425,61
-1	2381,44	2255,98	2338,37	2280,53	2273,67	2308,29
0	2301,07	2158,13	2234,93	2194,4	2188	2209,33
1	2233,81	2071,4	2141,79	2121,28	2115,53	2121,14
2	2156,6	1973,97	2036,57	2039,08	2034,24	2021,49
3	2078,33	1873,76	1927,67	1956,08	1952,41	1918,59
4	2015,35	1786,63	1831,01	1888,46	1886,23	1828,37
5	1953,98	1698,94	1732,89	1822,74	1822,28	1737,11

Таблиця 3.8 Вартість компенсації розрахованих теплопритоків

Режим/продукт	Слива	Яблука	Груші	Виноград	Морква	Капуста
-3	610.58	587.64	609.51	589.07	587.31	600.47
-2	585.07	558.98	579.70	562.43	560.72	571.59
-1	561.19	531.62	551.04	537.41	535.79	543.95
0	542.25	508.56	526.66	517.11	515.60	520.63
1	526.40	488.13	504.71	499.88	498.52	499.85
2	508.20	465.17	479.92	480.51	479.37	476.36
3	489.76	441.55	454.26	460.95	460.09	452.12
4	474.92	421.02	431.48	445.02	444.49	430.86
5	460.46	400.36	408.36	429.53	429.42	409.35

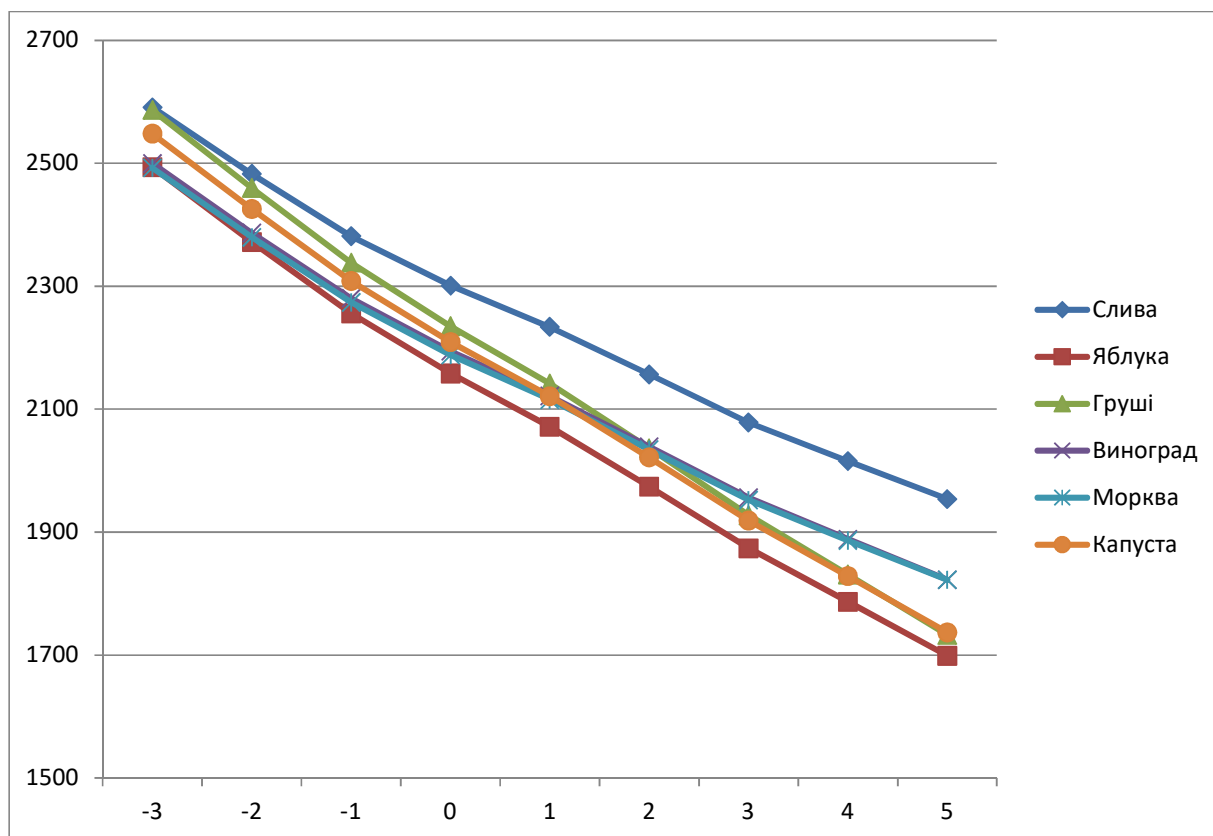


Рис.3.1 Діаграма витрат енергії по кожному продукту за конкретних режимів

Ціни на обрані для розрахунку плоди на гуртовому ринку “Троєщина-Фермер”, за 1кг:

Сливи – 15грн;

яблука – 14грн;

груші – 30грн;

виноград – 53грн;

морква – 7грн;

капуста – 8грн.

Таблиця 3.9 Природні втрати плодів при зберіганні 3 місяці

Режим/продукт	Слива	Яблука	Груші	Виноград	Морква	Капуста
-3	-	-	-	-	-	-
-2	1.9	2	1,5	1,4	-	-
-1	2,45	2,35	2	1,8	4,4	4,3
0	3	2,6	2,4	2,2	4,7	4,6
1	3,3	2,8	2,8	2,9	4,8	4,7
2	3.6	3	3,5	3,1	5,2	5
3	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-

За температури -3 градусів загрожує підморожування продукту, що несе за собою високі втрати.

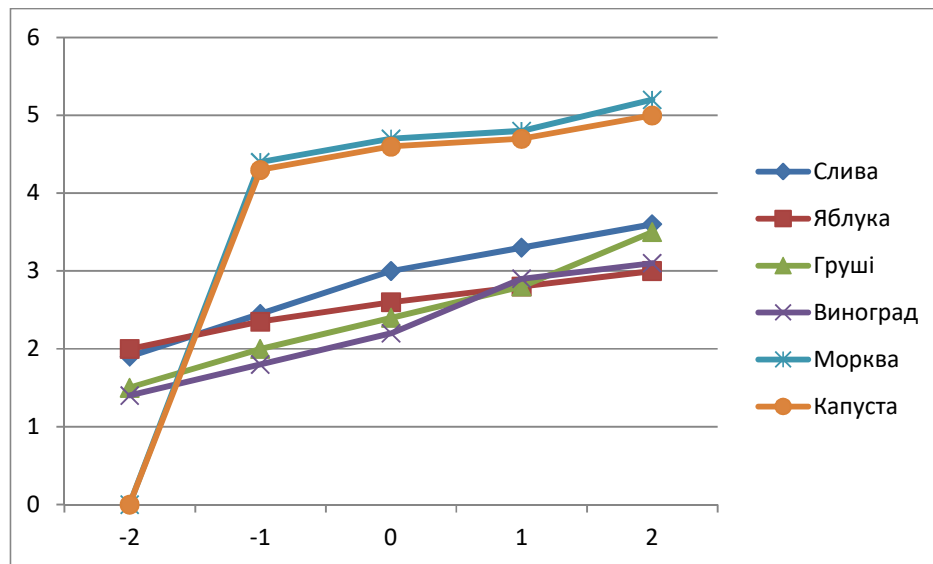


Рис.3.2 Діаграма втрати продуктів при певних режимах

Розраховую прибуток за формулою:

$$\Pi = \text{Ц} - \text{Е} - \text{В}, \text{ грн.} \quad (3.10)$$

де Ц – ціна всієї партії продукту;

Е – витрати на електроенергію для компенсації теплонадходжень;

В – ціна втраченої частини продукту.

Результати зводжу до таблиці

Таблиця 3.10 Прибуток

	Слива	Яблука	Груші	Виноград	Морква	Капуста
-3	-	-	-	-	-	-
-2	1470914.93	1371441.02	2954420.30	5225237.57	-	-
-1	1462688.81	1366568.38	2939448.96	5204062.59	668664.21	765056.05
0	1454457.75	1363091.44	2927473.34	5182882.89	666584.40	762679.37
1	1449973.60	1360311.87	2915495.29	5145800.12	665901.48	761900.15
2	1445491.80	1357534.83	2894520.08	5135219.49	663120.63	759523.64

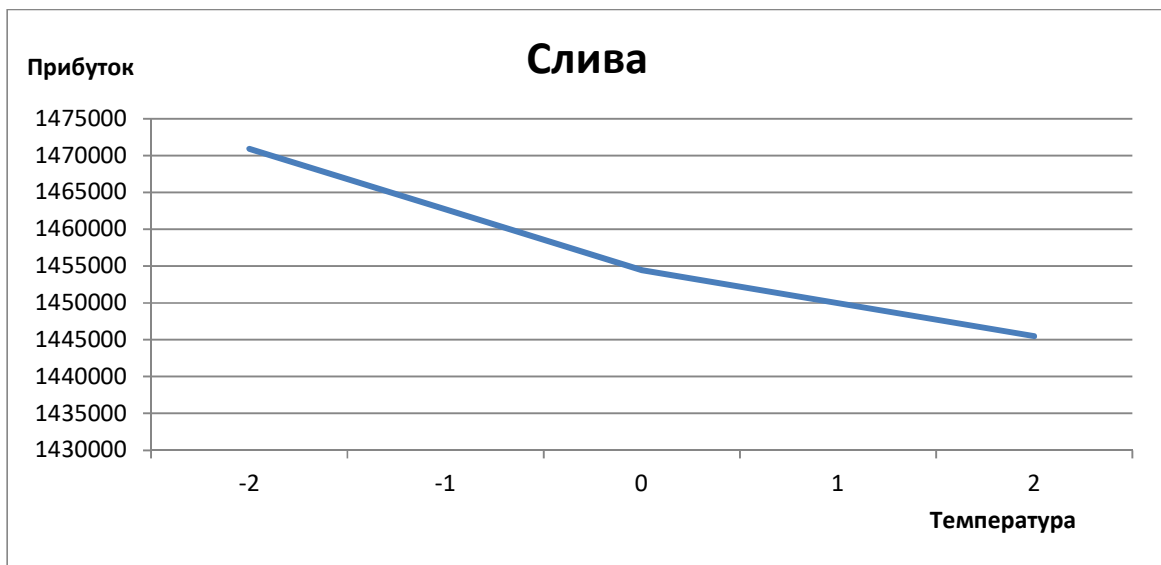


Рис.3.3 Залежність прибутку від слив та температури

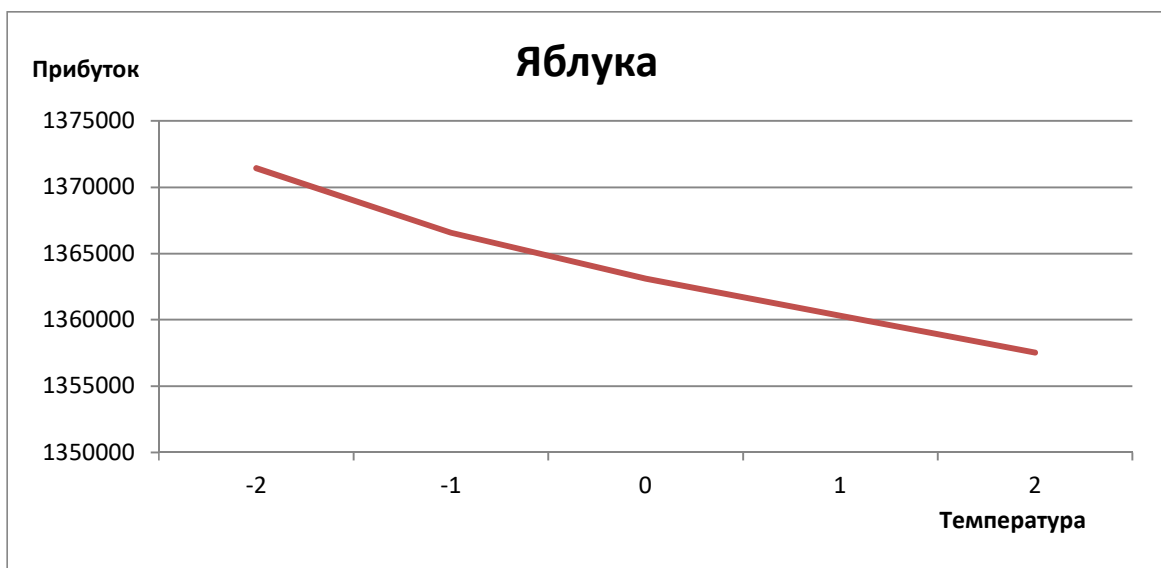


Рис.3.4 Залежність прибутку від яблук та температури

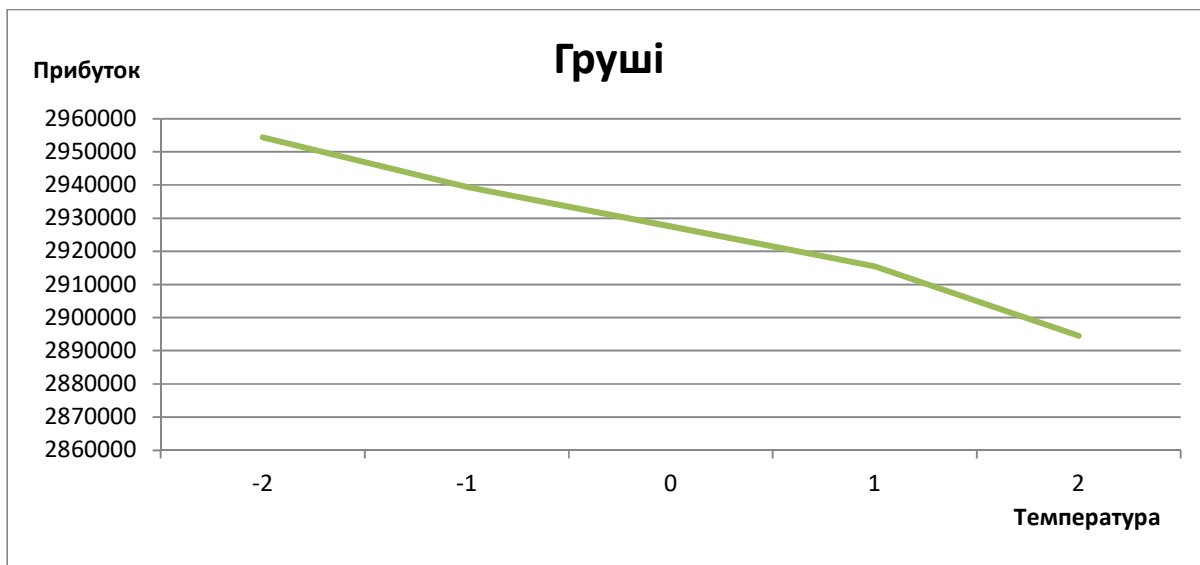


Рис.3.5 Залежність прибутку від груш та температури

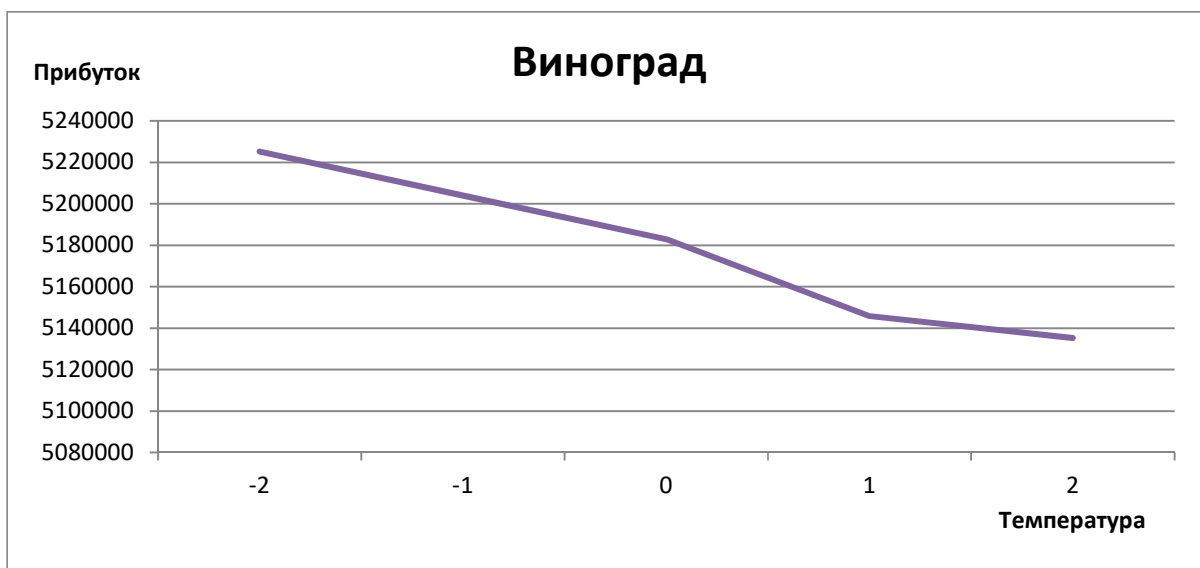


Рис.3.6 Залежність прибутку від винограду та температури

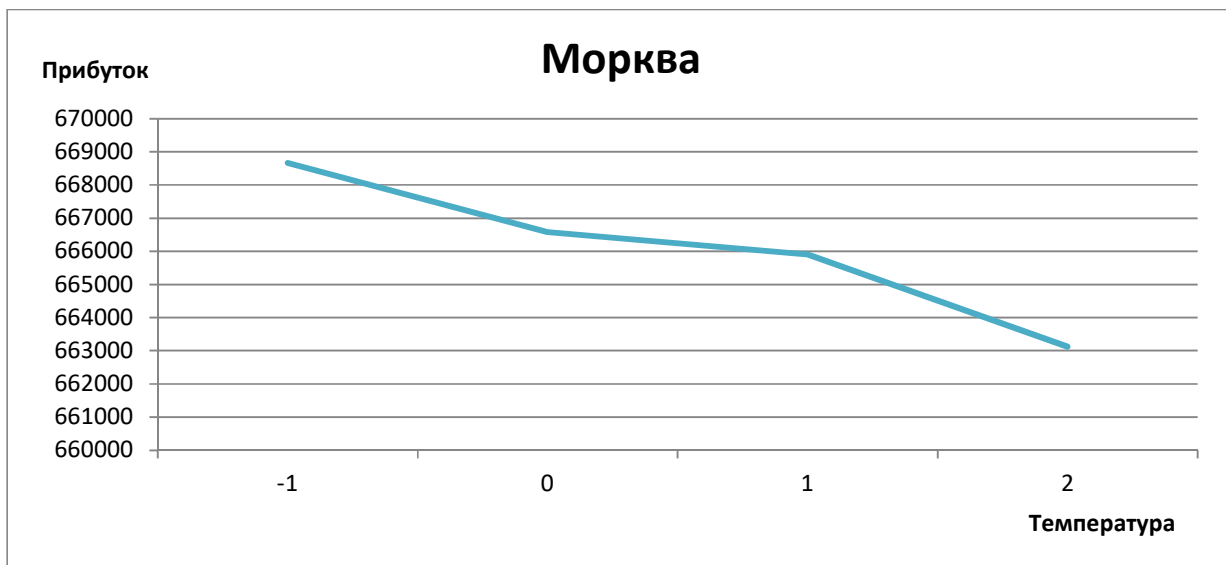


Рис.3.7 Залежність прибутку від моркви та температури

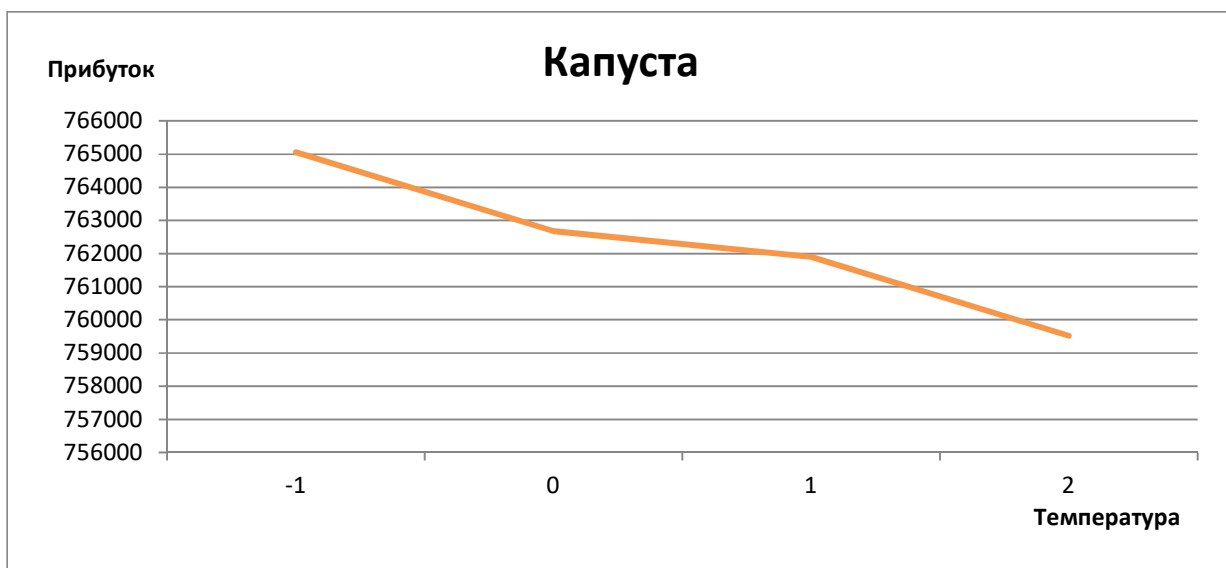


Рис.3.8 Залежність прибутку від капусти та температури

Висновки

Отримані дані ілюструють яку важливу роль відіграє правильно підібраний температурний режим роботи холодильної установки для зберігання плодів. Розрахунки на базі моделі підтвердили, що підтримання температури на рівні близькому до криоскопічної хоч і збільшує витрати електроенергії для компенсації теплонадходжень, проте зменшує інтенсивність дихання та біологічні процеси плодів, що в свою чергу приводить до менших втрат, вищої якості, подовжує строк зберігання, та відповідно вищих прибутків. Звичайно на якість, лежкість та збереженість плодів впливає багато факторів, таких як: стан плодів, розмір, місце де були вирощені, спосіб укладки, тара, спосіб охолодження, санітарні умови, газове середовище, інші, та перш за все важливі параметри оточуючого повітря, зокрема температура, її вірний підбір має вирішальне значення. Доцільно проводити подальші дослідження у започаткованому напрямку з урахуванням зміни цін на плодоовочеву продукцію та енергоносії.

Список використаної літератури

1. Алямовский И.Г. Зависимость интенсивности дыхания и тепловыделений плодов и овощей от температуры // Холодильная техника. - 1967. - №6. - С.41- 42.
2. Бажуряну Н.С, Годиращ В.А. Влияние условий выращивания и сроков съема на лежкость плодов. — Кишинев: МолдНИИНТИ, 1986.
3. Бедін Ф. П., Балан Є. П., Чумак Н.І. Технологія зберігання рослинної сировини. Фізіологічні, теплофізичні та транспортні властивості: Навчальний посібник. – Одеса: Астропринт, 2002.
4. Федоров М.А. Промышленное хранение плодов - М.: Колос.-1981.- 184с.
5. Green W.P. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin, 1941, March, №771.
6. Жадан В.З., Дидык Н.Н., Боронина О.Н. и др. Состояние плодов и их лежкоспособность // Садоводство и виноградарство Молдавии. – 1988. - №8 – С.31 – 32
7. Балан Е.Ф., Чумак И.Г, Картофяну В.Г., Иукурдзе Э.Ж. Биоэнергетические основы холодильной технологи хранения фруктов и овощей: учеб. пособ. для студентов высших учеб. заведений, обучающихся по спец. "Технолог. хранения, переработки и консервирования плодов и овощей", "Холодильные машины и установки" / ; под ред. И.Г. Чумака. – К: Техника-Инфо; Одесса: Рефпринтінфо, 2004.
8. Фикийн А., Дичев Ст., Фикийна Ив. Основные параметры, характеризующие процессы флюидизации слоя плодов и овощей // Холодильная техника. - 1966. -№ 11.-С. 33-37.
9. Колесник А.А., Бруев С.Н. О положительном опыте длительного хранения свежих яблок при близкриоскопических температурах // Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда. — М.: Колос, 1979. — С. 200 — 210.
10. Немов Н.Д. Биофизические исследования овощей и картофеля при хранении /Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда.-1979.- С.58-66.

11. Биохимия иммунитета, покоя, старения растений / Метлицкий Л.В., Озерецковская О.Л., Кораблев Н.П. и др. — М.: Наука, 1984. — 264 с.
12. Балан Е.Ф., Банарь Л.А., Скоробогатова Е.Д. Изучение факторов, влияющих на убыль массы плодов при охлаждении и транспортировании в авторефрижераторах // Технология и техника авторефрижераторных перевозок фруктов и винограда. - Кишинев, 1989. - С. 39 - 49.
13. Жадан В.З. Теплофизические основы хранения сочного растительного сырья на пищевых предприятиях.- М.: Пищевая промышленность.- 1976.-238с.
14. Жарова С.Н., Панкова Е.И., Старостенко И.Э. Заготовка и хранение плодов – Л.: Лениздат, 1987.
15. Коробкина З.В. Прогрессивные методы хранения плодов и овощей.- К.: Урожай,-1989.
16. index.minfin.com.ua
17. Б.К. Явнель. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989., ил. – (Учебники и учеб. пособия для техникумов).
18. Цинман М.М., Янюк В.Я. Холодильники для фруктов.- М.: Пищ. промышленность, 1969.