

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Донецький національний університет економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Енергетичне машинобудування»
Омельченко О.В.
« ____ » _____ 2022 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**
на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування»
за освітньою програмою «Холодильні машини і установки»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТА ДЛЯ КОРОТКОЧАСНОГО
ЗБЕРІГАННЯ ОХОЛОДЖЕНИХ ФРУКТІВ І ОВОЧІВ»**

Виконав:
здобувач вищої освіти Касян Олександр Олегович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: к.п.н. Цвіркун Л.О. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТОРГІВЛІ
ІМЕНІ МИХАЙЛА ТУГАН-БАРАНОВСЬКОГО

Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти денна

Ступінь бакалавр

Галузь знань Енергетична інженерія

Освітня програма Холодильні машини і установки

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми «Енергетичне
машинобудування»

Омельченко О.В.

« ____ » _____ 2022 року

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

Касян Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів»

Керівник роботи к.п.н. Цвіркун Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від « 19 » листопада 2021 р. № 416-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи « 2 » червня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.

2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.

3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.

2. Аналіз обладнання для короткочасного охолодження та зберігання продуктів харчування.

3. Удосконалення апарату для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів.

4. Охорона праці.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

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

1. Пристрій для короткочасного зберігання фруктів та овочів.

2. Робоча камера апарату.

3. Холодильна установка для короткочасного заморожування плодовоовочевої сировини.

4. Варіанти розташування плодів на напрямній спіралі у процесі зберігання.

5. Вплив швидкості повітряного потоку на час охолодження фруктів та овочів.

6. Вплив швидкості повітряного потоку на показники відносної вологості повітря при охолодженні фруктів та овочів.

7. Вплив температури в камері на величину втрат при короткочасному зберіганні охолоджених фруктів та овочів.

6. Дата видачі завдання «30» листопада 2021 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2022-15.02.2022
2	Аналіз обладнання для короткочасного охолодження та зберігання продуктів харчування.	16.12.2022-10.03.2022
3	Удосконалення апарату для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів.	11.03.2022-15.04.2022
4	Охорона праці	16.04.2022-30.04.2022
5	Висновки по роботі	01.05.2022-12.05.2022
6	Оформлення роботи і подання до захисту	16.05.2022-05.06.2022

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Касян О.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 52 сторінки, в тому числі основного тексту – 45 сторінок. Робота містить 16 рисунків. Список використаних джерел складається з 16 найменувань.

Об'єкт роботи – апарат для короткочасного зберігання продуктів харчування.

Предмет роботи – короткочасне зберігання охолодженої плодовоовочевої сировини.

Мета роботи – удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів. Зазначено, що найбільш оптимально апарат для охолодження і короткочасного зберігання фруктів та овочів малої холодопродуктивності працює на основі компресійної холодильної машини.

Розглянуто апарат для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів. Охолоджуюча установка має діаметр 400 мм і висоту 500 мм. Змійовик виконаний у вигляді мідних трубок діаметром 11 мм. Стіни камери зберігання виготовлені зі Сталі 12Х18Н10Т. Зберігання плодів та овочів здійснюється в охолоджувальних апаратах при температурі від 2 до 4 °С та відносній вологості повітря 90%, як холодоагент вибираємо R600a, холодоносієм є повітря.

Основним завданнями такого обладнання є підвищення ефективності охолодження продукту без підморожування, запобігання його злежування при зберіганні. Для вирішення цього завдання у пристрої для короткочасного зберігання фруктів і овочів, що складається з робочої камери з гвинтовою спіраллю і охолоджувальної сорочки, пропонується робочу камеру виконати у вигляді тора, а гвинтову спіраль розмістити всередині апарату між зовнішніми і внутрішніми стінками.

Сконцентровано увагу на тому, що важливим є положення продукту при зберіганні та збереженні його зовнішнього шару. Під час закладки продукції на зберігання було розглянуто три варіанти розташування об'єктів: навалом, вертикальне розташування плодів на напрямній спіралі, горизонтальне розташування плодів на напрямній спіралі (плоди стикаються бічними поверхнями). Вертикальне розташування плодів, коли вони стикаються з плодоніжками, при зберіганні це є раціональним, бо при такому орієнтуванні плоди менш схильні до деформації. При горизонтальному розташуванні плодів, коли вони стикаються бічними поверхнями, на поверхні деяких плодів виявлялися невеликі вм'ятини у місцях їх дотику. Механічні ушкодження, як правило, посилюють втрати вологи під час зберігання продуктів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: апарат для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів, теплоізоляційний шар апарату, теплопритоки, вологість повітря в камері, температура, холодоагент, компресійна холодильна машина, механічні ушкодження плодів.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОРОТКОЧАСНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ	7
1.1 Аналіз методів зберігання та охолодження плодовоовочевої сировини	7
1.2 Обладнання для короткочасного охолодження плодовоовочевої сировини	10
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ КОРОТКОЧАСНОГО ЗБЕРІГАННЯ ОХОЛОДЖЕНИХ ФРУКТІВ І ОВОЧІВ	14
2.1 Розрахунок основних параметрів апарату	14
2.2 Схема апарату для короткочасного зберігання плодовоовочевої сировини	16
2.3 Теплоізоляційний шар апарату для короткочасного зберігання фруктів та овочів	25
2.4 Теплопритоки у зоні розташування фруктів та овочів	28
2.5 Процеси тепло - та масообміну при зберіганні охолоджених фруктів та овочів	30
2.5.1 Вплив температури навколишнього повітря на час охолодження фруктів та овочів	30
2.5.2 Вплив швидкості повітряного потоку на час охолодження фруктів та овочів	32
2.5.3 Вплив швидкості повітряного потоку на показники відносної вологості повітря при охолодженні фруктів та овочів	34
2.5.4 Вплив температури в камері на величину втрат при короткочасному зберіганні охолоджених фруктів та овочів	35
2.5.5 Визначення впливу відносної вологості повітря в камері на величину втрати при короткочасному зберіганні охолоджених фруктів та овочів	36
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
3.1. Мікроклімат та освітлення у виробничому приміщенні	39
3.2. Системи вентиляції у виробничих та складських приміщеннях	40
3.3. Аналіз виробничих шкідливих і небезпечних чинників у процесі отримання холоду	40
3.4. Безпека експлуатації холодильного обладнання	41
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45
ДОДАТКИ	46

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>				
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Омельченко</i>		
Удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
			1	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

ВСТУП

Актуальність роботи. Майже всі галузі виробництва застосовують штучне охолодження, яке є необхідним для збереження якості продукції тривалий час. Плоди та овочі містять комплекс корисних речовин, такі як вуглеводи, ензими, вітаміни, мінеральні речовини та інші речовини, які необхідні людині. У даний час вирощують приблизно 4 млн. тон овочів і фруктів, 30% яких псується у процесі зберігання, що є великим показником втрат цієї продукції. Отже, гостро постає питання зберігання овочів та фруктів. Найбільш очевидною причиною втрат продукції є застосування застарілих технологій під час зберігання в холодильних установках. При зберіганні плодів та овочів необхідно дотримання технічних умов, які забезпечують відповідну безпеку товарів. Забезпечення раціональних умов охолодження при мінімальних втратах та підтримання хорошої якості продуктів – основне завдання холодильної техніки.

Мета та задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів.

Практична та наукова новизна. У роботі зазначено, що найбільш оптимально апарат для охолодження і короткочасного зберігання фруктів та овочів малої холодопродуктивності працює на основі компресійної холодильної машини. Основним завданнями такого обладнання є підвищення ефективності охолодження продукту без підморожування, запобігання його злежування при зберіганні. Для вирішення цього завдання у пристрої для короткочасного зберігання фруктів і овочів, що складається з робочої камери з гвинтовою спіраллю і охолоджувальної сорочки, пропонується робочу камеру виконати у вигляді тора, а гвинтову спіраль розмістити всередині апарату між зовнішніми і внутрішніми стінками.

Сконцентровано увагу на тому, що важливим є положення продукту при зберіганні та збереженні його зовнішнього шару. Під час закладки продукції на зберігання було розглянуто три варіанти розташування об'єктів: навалом, вертикальне розташування плодів на напрямній спіралі, горизонтальне розташування плодів на напрямній спіралі (плоди притискаються бічними поверхнями).

Вертикальне розташування плодів, коли вони притискаються з плодоніжками, при зберіганні є найбільш раціональним, бо за такого орієнтування плоди менш схильні до деформації. При горизонтальному розташуванні плодів, коли вони притискаються бічними поверхнями на поверхні деяких плодів виявлялися невеликі вм'ятини у місцях їх дотику. Механічні ушкодження, як правило, посилюють втрати вологи під час зберігання продуктів.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					Удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						1	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОРОТКОЧАСНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

1.1 Аналіз методів зберігання та охолодження плодовоовочевої сировини

Збереження продуктів забезпечується підтримкою необхідного кліматичного режиму, способів обробки та розміщення охолоджуваних продуктів. Ці умови можуть створюватися з використанням різних методів зберігання, основним показником яких є збереження якості харчових продуктів та мінімізація втрат протягом усього терміну зберігання.

Методи зберігання класифікують на три групи за характером технологічних операцій та їх спрямованості:

Методи з урахуванням регулювання кліматичного режиму зберігання:

- методи регулювання температур режиму, які поділяються на:
- методи охолодження;
- методи опалення.

Методи охолодження поділяються на методи природного охолодження та методи штучного охолодження. Здійснюється таке охолодження із застосуванням систем охолодження, які можуть бути повітряними, панельними чи батарейними.

Методи опалення використовують прилади нагрівання, кондиціонери.

Методи регулювання вологості включають методи зволоження та методи осушення.

Методи регулювання повітрообміну діляться на природний метод та примусовий.

Методи регулювання газового середовища. Дані методи базуються на способі розміщення, що поділяються на безтарний (при розміщенні товару на підлозі), підвісний (продукт розміщується на гаках, на вішалках, на штангах), підлоговий (продукт розміщується на підлозі), стелажний (на стелажах), а також тарний.

За способом обробки продукту методи догляду поділяються на:

– санітарно-гігієнічна обробка, що включає дезінсекцію, яка знищує комах; дезактивацію – заходи щодо видалення радіоактивних речовин; дератизацію, що включає комплексні заходи щодо боротьби з гризунами; дегазацію, метод видалення небажаних газів; дезодорацію – знищення сторонніх та неприємних запахів; дезінфекцію, спрямовану на знезараження мікроорганізмів;

– захисна обробка, що включає застосування полімерних плівок, лудіння, застосування мастильних матеріалів та парафінування.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>							7	52
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		

Методи догляду за продуктами класифікуються за часом обробки на:

- профілактичні;
- поточні.

Термін придатності є одним із основних показників зберігання. По ньому продукти поділяються на:

- швидкопсувні, термін придатності яких варіюється від кількох годин до кількох діб;
- зберігаються короткочасно - термін придатності від 0,5 діб до 30 діб;
- тривалого зберігання, які можуть бути з обмеженим терміном від одного місяця до одного року та безмежні, які можуть зберігатися кілька років.

Розглядаючи економічну ефективність процесу зберігання, визначають здатність методів мінімізувати втрати продукту раціональними витратами. Найважливішим критерієм підбору термінів зберігання та методу є витрати при зберіганні та товарні втрати. При зниженні термінів зберігання можливо знизити втрати раціональних витрат на зберігання. Але скорочення втрат не завжди веде до окупності високих витрат.

Кожен продукт має свої температурні режими зберігання стану продукту. Час, після якого продукти мають невластиві їм запахи та присмак, що супроводжується погіршенням зовнішнього виду і зміною кольору є граничним терміном зберігання.

Багато параметрів, таких як: відносна вологість повітря, характер розміщення продукту в апараті, кратність вентиляції та інші умови залежить від планованої тривалості зберігання.

Обов'язковими умовами зберігання продуктів є:

- необхідна доброякісність продуктів, що надходять на зберігання. Оскільки охолодження уповільнює розвиток мікроорганізмів, не покращуючи якість продуктів. Потрібно оглядати продукти перед надходженням їх у холодильне обладнання, а також перевіряти продукти, тару та упаковку на відповідність ДСТУ;

- важливо підтримувати чистоту камер, зменшуючи тим самим небезпеку зараження продуктів;

- необхідність підтримання всередині холодильних камер раціональних параметрів зберігання продуктів, таких як відносна вологість в камері, необхідна температура тощо.

При зберіганні слід чітко дотримуватися норм і правил укладання продуктів. Слід розміщувати продукти, що надходять на зберігання, так, щоб їх з усіх боків омивало повітря. Потрібно запобігати щільного укладання охолоджуваних продуктів один до одного.

Технологічний процес швидкого заморожування є поширеним методом зберігання плодів та овочів, що піддаються швидкому псуванню. При цьому методі необхідно передбачити умови, при яких фрукти та овочі зберігають свій вигляд, запобігти змерзанням та змінанню продуктів. Дана технологія здійснюється у спеціальних скороморозильних апаратах, що працюють на явищі флюїдизації, яка сприяє інтенсивному омиванню плодів з усіх боків потоком холодного повітря. Це сприяє швидкому заморожуванню та запобіганню змерзання дотичних продуктів. При заморожуванні відбувається

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зневоднення тканин фруктів та овочів за допомогою перетворення вологи, що міститься в них, у лід.

При використанні даного методу істотним недоліком є те, що якість заморожених продуктів поступається якостю охолоджених, так як у процесі тривалого зберігання в замороженому вигляді змінюється їх смакова та харчова цінність, а при розморожуванні можливі втрати поживних речовин.

Зберігання у холодильниках вважається найбільш поширеним способом зберігання овочів та плодів. На тривалість зберігання впливають численні фактори, такі як сорт охолоджуваного продукту, яка використовується техніка, добрива тощо.

Термін зберігання залежить від температури, тому, що при підвищеній температурі прискорюється обмін речовин, відбувається втрата вітамінів та вологи, збільшується інтенсивність дихання. Це призводить до більш швидкого псування продуктів. Отже, необхідно швидке охолодження овочів та фруктів при їх зберіганні.

Необхідність підтримання раціональних умов зберігання є основним недоліком цього методу. Метод зберігання продуктів в умовах регульованого та модифікованого газового середовища є методом зберігання зі штучним охолодженням, при якому життєві процеси охолоджуваних продуктів гальмуються ще більшою мірою.

Зберігання плодів та овочів відбувається при відносно низькій температурі, приблизно 0 - 4°C, що знаходиться в газовому середовищі, збагаченою вуглекислим газом і збідненою киснем, вміст азоту в якій може бути підвищеним чи звичайним. Регулюючи склад газового середовища продовжують термін зберігання продуктів та запобігають виникненню захворювань продуктів, внаслідок чого знижуються втрати продуктів та зберігаються їх органолептичні властивості.

Недоліком даного методу є складність підбору та регулювання газового середовища, а також можливе утворення конденсату на внутрішній поверхні плівки в результаті неповного видалення теплоти при диханні. Ще один недолік – суворе регулювання температури зберігання без перепадів між температурою в камері та в навколишній атмосфері.

Великий вплив на процес охолодження надає вигляд охолоджуваних продуктів. У багатьох джерелах проаналізовано особливості умов зберігання залежно від окремих видів харчових продуктів. Розглядаючи плоди, як продукт зберігання, виділяються деякі особливості, що пред'являються до обладнання, що охолоджує. Повинна підтримуватись раціональна температура зберігання, не нижче -1 – 3 °C та не вище +6 – 10 °C. Зниження температури може призвести до переохолодження плодів, а підвищення – до активації фізіологічних процесів. Отже, апарат зберігання плодів та овочів повинен підтримувати температуру всередині камери в заданих межах, забезпечуючи тривале зберігання та підтримання якості продукту.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.2 Обладнання для короткочасного охолодження плодовоовочевої сировини

Класифікації обладнання для охолодження харчових середовищ поділяються за призначенням циклу холодильної установки, способу отримання холоду, числу ступенів охолодження, виду та кількості робочих речовин, температурному рівню охолодження, корисною холодопродуктивністю тощо.

Холодильне обладнання працює в обмеженому просторі та знижує температуру в холодильній камері нижче температури навколишнього середовища протягом певного часу Тепло безперервно переноситься від тіла з меншою температурою до тіла із більшою температурою.

Процес перенесення теплоти проводиться за допомогою холодильного агенту, який може бути газом, парою, водним розчином і металевим розчином тощо. У газових холодильних машинах холодильний агент не змінює агрегатного стану в процесі роботи, що є особливістю даного виду машин. Холодоагент парових машин змінює свій стан, в результаті чого пара переходить у рідину і навпаки.

По виду зовнішньої енергії, що використовується при роботі холодильних машин розрізняють: механічні, тепловикористовуючі (теплова енергія) та термоелектричні (електрична енергія).

По виду механічних агрегатів, що використовуються в процесі стиснення холодоагенту, холодильні машини діляться на кілька видів:

- компресорні, у яких використовуються компресори;
- ежекторні, в яких застосовуються ежектори або, як їх ще називають струменеві апарати;
- абсорбційні, які здійснюють процес за допомогою термохімічних компресорів.

По виду компресорних агрегатів холодильні апарати поділяються на:

- компресори об'ємного стиску, які у свою чергу можна розділити на роторні, поршневі та гвинтові;
- компресори кінетичного стиску, що є лопатковими.

За кількістю ступенів стиснення (ступеня підвищення тиску) холодильні машини поділяються на:

- одноступінчасті;
- двоступінчасті;
- багатоступінчасті.

Залежно від температурного рівня, при якому відводять теплоту, поділяються на:

- діапазон охолодження від -10 до $+20^{\circ}\text{C}$, такі машини є високотемпературними;
- діапазоні охолодження від -30 до -10°C , такі машини вважаються середньотемпературні;
- температура нижче -30°C , то низькотемпературні.

Градація холодильного обладнання в залежності від теплової потужності – холодопродуктивності:

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

- машини, потужність яких до 15 кВт, називаються машинами з малою тепловою потужністю;
- холодильні машини, що мають середню теплову потужність, яка складає 15-120 кВт;
- з великою тепловою потужністю понад 120 кВт.

Цей поділ проводять за показником стандартної холодопродуктивності, що знаходиться у відповідності зі стандартними температурами кипіння холодоагенту, що становить +30 °С та конденсації холодоагенту – 15 °С.

Відповідно за призначенням можна розділити на:

- стаціонарні (універсальні);
- транспортні;
- спеціалізовані.

За типом дії класифікують:

- установки безперервної дії;
- установки періодичної дії (циклічні).

Також розрізняють відкриті охолоджуючі машини та закриті охолоджуючі машини.

Багато виробників обладнання останнім часом удосконалюють холодильне обладнання з метою підвищення надійності, зменшення споживаної енергії, втрат продукту та експлуатаційних характеристик.

Зустрічаються багатокомпресорні холодильні установки, що включають спіральний цифровий компресор. Дана конструкція дозволяє механічно регулювати продуктивність за допомогою спеціального соленоїдного вентиля, який регулює навантаження чи розвантаження спірального блоку компресора.

Застосування цифрового компресора сприяє плавному регулюванню продуктивності, що забезпечує підвищену надійність установки. Також спостерігається економія електроенергії та відмінні характеристики під час експлуатації. Варто також відзначити збільшення ресурсу, що досягається зменшенням кількості пусків компресорів.

Холодильники компанії J&E Hall виробляються із використанням одновинтових гвинтових компресорів, що забезпечує надійність машини за рахунок малої кількості рухомих елементів. Також досягаються мінімальні осьові сили та збалансоване стиснення в результаті розробленої геометрії профілю гвинтового зчеплення, що підвищує термін служби обладнання.

Інновація охолоджувального обладнання компанії DupAn полягає в розробці інверторного відцентрового чіллера, що включає в конструкцію магнітні підшипники, що кріпляться на блоки компресорів і випарник з падаючою плівкою. Дана конструкція забезпечує високу експлуатаційну ефективність та низький рівень шуму.

Компанія Güntner виготовляє апарати на базі адіабатичної системи охолодження. Сутність даної системи полягає в попередньому адіабатичному охолодженні повітря, що всмоктується, що сприяє енергозбереженню, також відсутня потреба водопідготовки. Адіабатична система охолодження забезпечує екологічно безпечну експлуатацію та малу вартість.

Розробка компанії Emerson Climate Technologies полягає у випуску нових спіральних компресорів Copeland, що використовуються в

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						11
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

низькотемпературних докритичних циклах CO₂. Вони не вимагають великих капітальних витрат і дозволяють регулювати холодопродуктивність без стрибків.

Одним із важливих показників охолоджуючого обладнання є ергономічність, до якої відносять: гігієнічність, зручність експлуатації, що полягає у зручній установці обладнання та всіх його частин, гігієнічність, що визначає легкість очищення та відсутність запаху, рівень шуму, який не повинен перевищувати гранично допустимі значення.

1.3 Вимоги, що пред'являються до холодильних агентів

При роботі холодильних машин застосовуються робочі речовини, які поглинають теплоту внаслідок ізотермічного розширення, що називаються холодоагентами.

Холодоагент повинен виконувати та відповідати вимогам:

- не завдавати шкоди здоров'ю людини;
- характеризуватися необхідними термодинамічними та фізичними властивостями;
- не мати високого тиску при температурах конденсації.

Наявність надлишкового тиску має на увазі більш міцну конструкцію машини, отже, і збільшення матеріаломісткості апарату.

Питома об'ємна холодопродуктивність є однією з основних критеріїв, на основі якої підбирають холодоагент, а також впливає на габарити компресора. Вплив питомої об'ємної холодопродуктивності обернено пропорційний до величини обсягу циліндра компресора. Тобто, при менших значеннях об'ємної холодопродуктивності об'єм циліндра буде більшим. Щільність та властивості теплопровідності є одними з основних властивостей холодильного агента при термодинамічній та фізичній оцінці.

Також важливими властивостями цієї оцінки є температура замерзання холодоагенту та його критична температура.

У процесі охолодження температура холодоагенту має бути вищою за повітря, що циркулює в конденсаторі та температури навколишнього середовища, тобто потрібно, щоб його критична температура була високою. Чим більше цей показник, тим менше пара утворюється у процесі його переходу з високого тиску в низький у регульовальному вентилі.

Можливість замерзання холодоагенту у випарнику запобігається застосуванням холодоагенту з найнижчими температурами замерзання.

Треба використовувати холодоагенти з меншою щільністю, так як застосування холодильних агентів з великою щільністю збільшує втрати тиску. Щоб запобігти цьому явищу необхідно збільшити діаметр трубопроводу або витратити додаткову енергію.

Визначення продуктивності роботи теплообмінних пристроїв пов'язане з коефіцієнтами теплопровідності та тепловіддачі. Результативність теплообмінних пристроїв визначається залежно від цих коефіцієнтів.

- Необхідна хімічна стійкість холодоагенту щодо металів.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

– Розчинність у воді. Відсутність розчинності у воді може призвести до її замерзання при знижених температурах, при попаданні в холодоагент, утворенням крижаної пробки. Також наявність води в холодоагенті може сприяти корозії металів.

- Мати властивість стійкості, повинні бути не горючими.
- Невелика вартість.
- Розчинність у маслі.

Немає жодного холодоагенту, який має всі перераховані властивості.

Фреони – це велика група речовин, які представляють собою фтористі та хлористі похідні граничних (насичених) вуглеводнів. Існує система позначення фреонів, яка обумовлена їх складною номенклатурою. Основою цієї класифікації є надання кожному фреону чисельного значення, виходячи з хімічної формули фреону. Необхідно писати літеру R або слово Refrigerant перед числом (R13, R142 тощо).

Написання слова "фреон" безпосередньо перед числовим позначенням (фреон-13, фреон-142). Також можна залишати лише першу літеру "Ф" (Ф-13, Ф-142).

Також, як холодоагент можуть застосовувати воду, що володіє негорючістю і є нешкідливою для людини. Значними перевагами води, як холодильний агент, є її дешевизна і інертність до олії. Однак, недоліком використання води є необхідність роботи під глибоким вакуумом. Це перешкоджає великим зниженням температури. Ще одним недоліком холодильних машин на воді є їх великі габарити.

Аміак є найбільш шкідливим за фізіологічними властивостями. Допустима концентрація аміаку у повітрі виробничих приміщень згідно з діючим ДСТУ не більше 0,02 мг/л. Є найбільш пожежонебезпечним.

Фреони не мають запаху при малих концентраціях і практично не впливають на організм людини. Але при кількості повітря більше 30% можуть бути причиною задухи. Під дією високих температур фреон розкладається з виділенням отруйного газу – фосгену. У зв'язку з цим пред'являються підвищені правила техніки безпеки під час роботи охолоджуючих установок з фреоновим холодоагентом.

Аміак вступає в реакції з міддю та цинком, тому його не застосовують у установках, матеріалом яких є дані метали. Хімічні реакції з мастилами аміак не утворює, але виділяється гідроксид амонію при додаванні води, при дії якого випадає осад, що забруднює компресор. Аміак по відношенню до фреонів має хорошу розчинність у воді. Відповідно, не допускають вміст води в холодоагенті вище певного значення за допомогою просушування холодоагенту перед перекачуванням в апарат.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

РОЗДІЛ 2 УДОСКОНАЛЕННЯ АПАРАТУ ДЛЯ КОРОТКОЧАСНОГО ЗБЕРІГАННЯ ОХОЛОДЖЕНИХ ФРУКТІВ І ОВОЧІВ

2.1 Розрахунок основних параметрів апарату

Охолоджувальне обладнання підпорядковане ряду вимог, головною із яких можна вважати мінімізацію довжини основної частини, малогабаритність та компактність складальних одиниць, зручність монтажу обладнання та доступність його обслуговування.

Розміри проектного апарату визначаються його продуктивністю (потужністю), яка при рівномірному за часом випуску продукції може бути зазначена у завданні на проектування. Розрахункова продуктивність обладнання для охолодження та короткочасного зберігання продуктів визначається за можливим максимальним надходженням вантажів ($G_{\text{пост}}$, кг):

$$G_{\text{пост}} = \left(\frac{G_{\text{max мес.пост.}}}{30} \right) m_{\text{пост}}$$

де $m_{\text{пост}} = 1,5 \div 2,5$ – коефіцієнт нерівномірності надходження вантажів.

Щільність укладання продуктів в приміщеннях, що охолоджуються, визначаються нормою завантаження одиниці об'єму g_v (кг/м³ або т/м³). Користуючись нормою завантаження обсягу, можна визначити вантажний обсяг $V_{\text{гр}}$ (м³) приміщення:

$$V_{\text{гр}} = \frac{G}{g_v}$$

Ці дані дозволяють проводити перерахунок дійсної ємності охолоджувального обладнання в умовну та назад, оскільки для кожного апарату незмінною величиною є його вантажний об'єм, звідки:

$$V_{\text{гр}} = \frac{G_{\text{усл}}}{g_v \text{ усл}} = \frac{G}{g_v}$$

Вантажна площа або площа, що займає жолоб (м²):

$$F_{\text{гр}} = \frac{V_{\text{гр}}}{h_{\text{гр}}}$$

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>					25	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>						

де $h_{гр}$ – вантажна висота, м, під якою розуміють висоту жолоба.

$g_v h_{гр}$ є навантаження на 1 м^3 підлоги. Необхідно, щоб навантаження на підлогу не перевищувало допустимого $g_{доп}$.

Дані по максимальному добовому надходженню та випуску продукції дають можливість визначення довжини навантаженої спіралі.

Довжина камери становить:

$$L_k = n \cdot L + (n + 1)L_1$$

де L – довжина одного виробу, м;

n – кількість виробів, що укладаються по довжині камери (спіралі), шт.;

L_1 – відстань між виробами, виробом та стінкою камери з урахуванням розміру форми.

Ширина камери складає:

$$B_k = n_1 \cdot B + (n_1 + 1)B_1$$

де B – ширина одного виробу, м;

n_1 – кількість виробів, що укладаються по ширині, шт.;

B_1 – відстань між виробами, виробом та стінкою камери з урахуванням розміру форми, м.

Глибина камери дорівнює:

$$H_k = n_2 \cdot H + (n_2 - 1)H_1 + H_2 + H_3$$

де H – висота одного виробу, м;

H_1 – відстань між окремими виробами по висоті, м, з урахуванням розміру форм. H_1 приймається рівною не менше ніж $0,03$ м;

H_2 – відстань між нижньою формою та дном камери, м;

H_3 – відстань між верхнім виробом та кришкою камери, м.

Корисний об'єм камери V_n , м^3 :

$$V_n = V_i \cdot n_0$$

де V_i – обсяг одного виробу, м^3 ;

n_0 – загальна кількість виробів у камері, шт.

Коефіцієнт використання камери за обсягом визначається як відношення корисного об'єму камери V_n , м^3 до повного геометричного обсягу камери V , м^3 :

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$K = \frac{V_n}{V}$$

Відповідно до норм технічного проектування, $K > 0,1$.

Якщо відома об'ємна витрата рідини $V_{ж}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) на ділянці трубопроводу, то площа поперечного перерізу трубопроводу $f_{\text{тр}}$ (м^2) визначається за формулою:

$$f_{\text{тр}} = \frac{V_{ж}}{\omega_{ж}}$$

де $f_{\text{тр}}$ – площа поперечного перерізу труби, м^2 ;

$V_{ж}$ – кількість рідини, що протікає по трубі, $\text{м}^3/\text{с}$;

$\omega_{ж}$ – розрахункове значення швидкості руху рідини, $\text{м}/\text{с}$.

Ділянкою називають ділянку трубопроводу на якій витрата рідини, а також його перетин, залишається незмінним.

Якщо задана масова витрата рідини M ($\text{кг}/\text{с}$), то потрібне значення поперечного перерізу трубопроводу визначають за формулою:

$$f_{\text{тр}} = \frac{M}{\rho \omega_{ж}}$$

де ρ – густина рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$

Зовнішній діаметр труби $d_{\text{вн}}$ (м) отримаємо за формулою:

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4V_{ж}}{\pi \omega}} = \sqrt{\frac{4M}{\pi \rho \omega}}$$

Якщо невідомо значення середньої швидкості перетину ω ($\text{м}/\text{с}$), то можна взяти з табличних даних.

Після визначення $d_{\text{вн}}$, підбирають трубу, у якої $d_{\text{вн}}$ приблизно дорівнює величині, отриманої під час розрахунку.

2.2 Схема апарату для короткочасного зберігання плодовоовочевої сировини

Дослідження пристроїв для зберігання фруктів та овочів показало різноманітність способів та конструкцій апаратів, які описані в першому розділі даної роботи.

Проведемо аналіз холодильних установок за класифікацією. Вони діляться на промислові, побутові та торгові. Залежно від завдань, які необхідно здійснити, застосовується певний вид обладнання.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При холодопродуктивності понад 15 кВт використовуються промислові апарати.

В основі конструкції холодильних машин є:

- конденсатор;
- компресор;
- терморегулюючий вентиль;
- випарник.

При короткочасному зберіганні швидкопсувних продуктів застосовують холодильне обладнання малої та середньої потужності, прикладом яких можуть служити збірні холодильні камери. Підтримка необхідного температурного режиму в камері здійснюється за допомогою холодильної установки, а також конструкції, що включає теплоізоляційні панелі.

Класифікація холодильного обладнання в залежності від виду продукту зберігання:

- якщо здійснюється зберігання заморожених продуктів, то обладнання називається низькотемпературним;
- у разі зберігання продуктів, що потребують охолодження, обладнання є середньотемпературним.

Існує також комбіноване обладнання, що поєднує можливість зберігання як заморожених, так і охолоджених продуктів. При необхідності зберігання продуктів, що зазнали попереднього заморожування, застосовуються побутові холодильні машини. Дані апарати відрізняються малими габаритами та невеликою потужністю.

Оскільки в даній роботі проектується апарат міжопераційного зберігання фруктів та овочів невеликої холодопродуктивності, необхідно проаналізувати та підібрати систему охолодження продукту, яка раціонально задовольняє параметрам охолодження та охолоджуючого обладнання.

Охолоджуючі машини розрізняються за способами відведення теплоти робочим тілом:

- паро-або газокомпресійні;
- термоелектричні;
- абсорбційні.

Компресійна машина, основним робочим органом якої є компресор, набула великого поширення в промисловості. Даний апарат включає випарник, конденсатор, ресивер, компресор, а холодоагентом є хладон.

Процес поглинання теплоти відбувається при випаровуванні за рахунок тепловіддачі. Даний вид охолоджуючої машини має свої переваги та недоліки.

Перевагами є:

- мала витрата холодоагенту, що забезпечує компактність охолоджуючої машини;
- велика холодопродуктивність, обґрунтована фазовим перетворенням холодоагенту;

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

– високий коефіцієнт тепловіддачі за рахунок роботи теплообмінних пристроїв з фазовим переходом (випаровування та конденсація холодоагенту), що призводить до високої ефективності роботи теплообмінних пристроїв.

Недоліками компресійної машини є:

- екологічна небезпека деяких типів холодильних агентів;
- висока вартість холодильних агентів.

Робота абсорбційної холодильної машини включає принцип, на якому працює компресійна машина. Відмінною рисою є спосіб отримання газоподібного холодоагенту з високою температурою, що здійснюється в хімічному генераторі, а також витрата теплової енергії в ході робочого циклу. У робочій машині знаходяться дві робочі речовини: холодильний агент та абсорбент – поглинач, який може з'єднуватися з холодоагентом або розчиняти його.

Залежно від агрегатного стану поглинача виділяють:

- абсорбційні холодильні машини – в яких поглинач є рідиною;
- адсорбційні холодильні машини, в яких поглинач є твердою речовиною.

В абсорбційних машинах часто в якості холодоагенту використовують аміак, а поглинача – воду.

Джерелом тепла для приведення в дію абсорбційні машини служить пара, газ, електрика. При цьому не потрібно мати будь-яке цінне джерело теплової енергії, наприклад, пару високого тиску.

Перевагами цих машин є:

- можливість використання, як джерела енергії, низькопотенційну теплоту підприємства;
- відсутність механічних приводів у малих установках робить їх безшумними.

Недоліки:

- низька енергетична ефективність;
- велика складність пристрою малої холодопродуктивності.

Принцип роботи термоелектричного холодильника ґрунтується на ефекті Пельтьє. Цей ефект говорить, що при пропущенні постійного електричного струму в ланцюгу, що складається з різнорідних провідників, у місцях контакту провідників поглинається або виділяється теплота, залежно від напрямку струму.

Термоелектрична машина будується на елементах Пельтьє, що є термопарами. Сукупність термопар, з'єднаних послідовно за струмом і паралельно по струму тепла, є термоелектричний модуль.

Переваги термоелектричної машини:

- відсутність двигуна, передач, трубопроводів, що забезпечує високу надійність апарату;
- безшумність роботи;
- компактність і зручність компонування цієї установки за рахунок відсутності громіздких елементів.

Недоліки термоелектричної машини:

- низька енергетична ефективність;
- мала холодопродуктивність машини.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таким чином, можна зробити висновок, що найбільш оптимально проектувати апарат для охолодження і короткочасного зберігання фруктів та овочів малої холодопродуктивності, що працює на основі компресійної холодильної машини.

Розроблювана модель відноситься до області технічних засобів, призначених для зберігання різних фруктів і овочів для використання в харчовій та консервній промисловості, а також у сфері обслуговування, наприклад, для приготування газованих напоїв з м'якоттю.

При зберіганні фруктів та овочів, у таких випадках, пред'являються підвищені вимоги до збереження їх харчових властивостей, отже, до систем охолодження, надійності та безвідмовності роботи автоматичних пристроїв та приладів.

Відомі різні конструкції пристроїв для забезпечення безпеки харчових властивостей продуктів, принцип дії яких заснований на застосуванні різних холодоагентів і методів охолодження. Конструкції таких пристроїв металомісткі, складні та енергоємні.

Наприклад, пристрій для охолодження і кристалізації згущеного молока з цукром, що виконаний у вигляді циліндричного корпусу з охолоджувальною сорочкою, розташованим усередині нього порожнім циліндром із зовнішньою гвинтовою поверхнею з патрубками для підведення і відведення продукту і холодоагенту.

До недоліків такого пристрою може бути віднесена складність конструкції та підвищена енергоємність апарату у процесі охолодження. Найбільш внутрішньо близьким до заявленого пристрою охолодження штучних харчових продуктів, що містять теплоізольовану спіралеподібну камеру з герметичною кришкою і патрубками для підведення та відведення холодоносія є пристосування для завантаження та вивантаження продукту і встановлену в камеру, уздовж її зовнішньої стінки, батарею охолодження холодоносія, камера виконана у вигляді підйомної гвинтової спіралі, кут підйому якої складає від 15° до 45° , а пристосування для завантаження продукту та патрубків для підведення холодоносія з'єднані з нижньою частиною камери в початку її підйому.

До недоліків зазначеного технічного рішення належить матеріаломісткість та складність конструкції виконавчих органів. Так, наприклад, якщо кут регулюємої підйомної гвинтової зворотної спіралі становить менше 15° , то при швидкості руху охолоджуючого середовища $0,05-0,1$ м/с результуюча сила, що обумовлює рух продукту, буде менше опору, викликаного дією виштовхуючої сили і сили тертя, в результаті чого продукт переміщатися не буде. Крім цього, прилад відноситься до апаратів для охолодження або заморожування харчових продуктів при безпосередньому контакті з холодоносієм, що призводить до його великих витрат.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Основним завданнями є підвищення ефективності охолодження продукту без підморожування, запобігання його злежування при зберіганні, а також створення апарату, який поєднує в собі компактну конструкцію з надійністю в роботі. Для вирішення цього завдання вибираємо пристрій, що включає робочу камеру з подавальною гвинтовою спіраллю і охолоджувальною сорочкою. Робоча камера виконана у вигляді тора, а гвинтова спіраль встановлена всередині між зовнішньою і внутрішньою стінками, при цьому охолоджувальна сорочка виконана з U образних трубчастих елементів, встановлених послідовно з чергуванням по зовнішнім поверхням зовнішньої і внутрішньої стінок тороїдальної робочої камери по її твірним, причому окремі трубчасті елементи встановлені так, що осі робочої камери їх найбільші ділянки і мають однакове кутове зміщення відносно одна одної.

Технічним результатом є підвищення ефективності короткочасного зберігання фруктів та овочів та скорочення енерговитрат за рахунок того, що робоча камера виконана у вигляді тора, а подавальна гвинтова спіраль встановлена всередині між його зовнішньою та внутрішньою стінками.

Гвинтова спіраль, що має форму тавра, висота бортів якого повинна бути не менше половини середнього розміру переміщуваного продукту всередині тороїдального корпусу апарату і виконана у вигляді спірального каналу з пласкою опорною поверхнею. Тороїдальна форма корпусу забезпечує поглинання тепла рівномірно з обох сторін від фруктів і овочів, що зберігаються, забезпечуючи мінімізацію енерговитрат. Охолоджувальна сорочка виконана з U-образних трубчастих елементів, встановлених послідовно з чергуванням по зовнішній і внутрішній поверхням тороїдальної робочої камери по її твірним, окремі трубчасті елементи встановлені так, що відносно поздовжньої осі робочої камери їх найбільші ділянки мають однакове кутове зміщення відносно одна одної. Елементи являють собою порожню трубку, всередині якої циркулює холодоагент. Охолоджувальна сорочка огинає внутрішні і зовнішні стінки камери. Така конструкція забезпечує більш рівномірне охолодження продукту з двох сторін, запобігаючи підморожуванню та псуванню при тривалому зберіганні. Підведення холодоагенту в змійовик здійснюється за допомогою штуцера, розташованого в верхній частині конструкції, а його відведення за допомогою штуцера, розташованого в нижній частині. Охолоджуваний продукт проходить по гвинтовому спіральному каналу і виводиться з апарату. Таке розташування елементів апарату дозволяє зробити конструкцію більш компактною. За рахунок спіралеподібної направляючої забезпечується послідовна подача продукту, запобігаючи злежування і затори при дозуванні.

На рис. 2.1 схематично зображено пропонований пристрій, загальний вигляд; на рис. 2.2 – робоча камера без охолоджувальної сорочки.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрій складається з корпусу, що має форму тора із зовнішньою стінкою 1 і внутрішньою стінкою 2, гвинтової спіралі 3 для дозування і зберігання овочів і фруктів, охолоджувальної сорочки 4 з U-подібних трубчастих елементів, встановлених послідовно з чергуванням по зовнішнім і внутрішнім стінкам тороїдальної робочої камери по її твірним, причому окремі трубчасті елементи встановлені так, що відносно поздовжньої осі робочої камери їх найбільші ділянки мають однакове кутове зміщення відносно друга, штуцера для подачі 5 і відведення холодоагенту 6, отвори для вивантаження охолоджених овочів і фруктів 7.

Пристрій для короткочасного зберігання овочів і фруктів працює наступним чином. При надходженні фруктів та овочів у завантажувальну воронку робочого корпусу, виконаного у вигляді тору із зовнішньою стінкою 1 і внутрішньої стінкою 2, самопливом надходять через отвір по гвинтовій спіралі 3, де послідовно розподіляються по всій довжині спіралі.

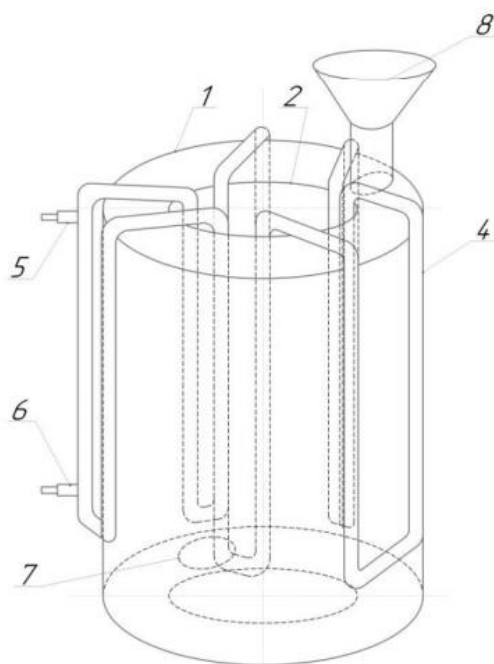


Рисунок 2.1 – Апарат для короткочасного зберігання фруктів та овочів

Попередньо через штуцер 5 в систему охолодження надходить холодоагент, який циркулює в охолоджувальній сорочці 4. По мірі циркуляції, використаний холодоагент виводиться з апарата через нижній штуцер 6.

Охолоджені фрукти при необхідності можуть бути витягнуті з апарату через розвантажувальний отвір 7.

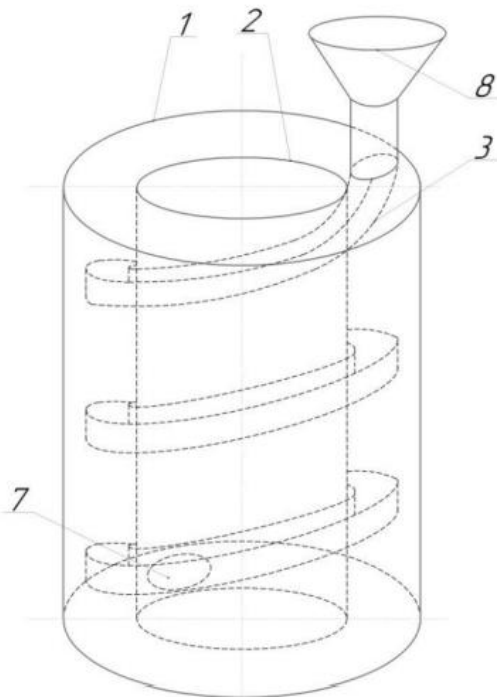


Рисунок 2.2 – Робоча камера апарату без охолоджувальної сорочки

Описана конструкція розширює можливості пристрою для короткочасного зберігання фруктів і овочів та дозволяє виконувати поставлені завдання.

Охолоджуюча установка має діаметр 400 мм і висоту 500 мм. Змійовик виконаний у вигляді мідних трубок діаметром 11 мм. Стіни камери зберігання виготовлені зі Сталі 12Х18Н10Т. Зберігання плодів та овочів здійснюється в охолоджувальних апаратах при температурі від 2 до 4 °С та відносній вологості повітря 90%. При проведенні моделювання прийняли температуру зберігання продуктів 4 °С. Як холодоагент вибираємо R600a, а охолоджувані продукти вибираємо лимони. Холодоносієм є повітря.

В якості теплоізоляції вибрали пінополіуретан. Пінополіуретан – це синтетичний полімерний матеріал. Він має наступні властивості:

- має найнижчий коефіцієнт теплопровідності;
- напильється на будь-яку поверхню;
- має хорошу хімічну стійкість;
- збільшує термін зберігання продукту та апарату, запобігаючи вплив мікроорганізмів, попереджаючи появу корозії, іржі, через непроникну здатність щодо пари і вологи;
- сприяє створенню водонепроникного шару та герметичного повітря внаслідок безшовного покриття;
- є не токсичним та екологічно безпечним;
- має високу міцність і зносостійкість;
- теплостійкий і витримує високі та низькі температури (від -200⁰С до +150⁰С), зберігаючи свої властивості;
- висока хімічна стійкість.

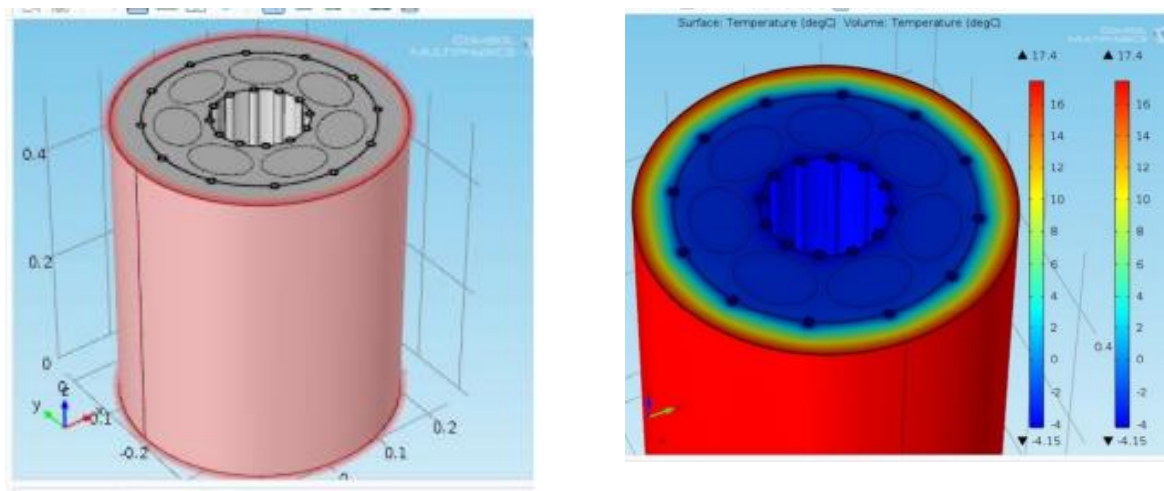


Рисунок 2.3 – Робоча камера апарату

Отже, основні параметри процесу охолодження, які впливають на якість охолоджуючих продуктів у процесі короточасного зберігання такі як температура в охолоджуючому апараті, швидкість руху повітряного потоку, вологість, що підтримується в камері зберігання.

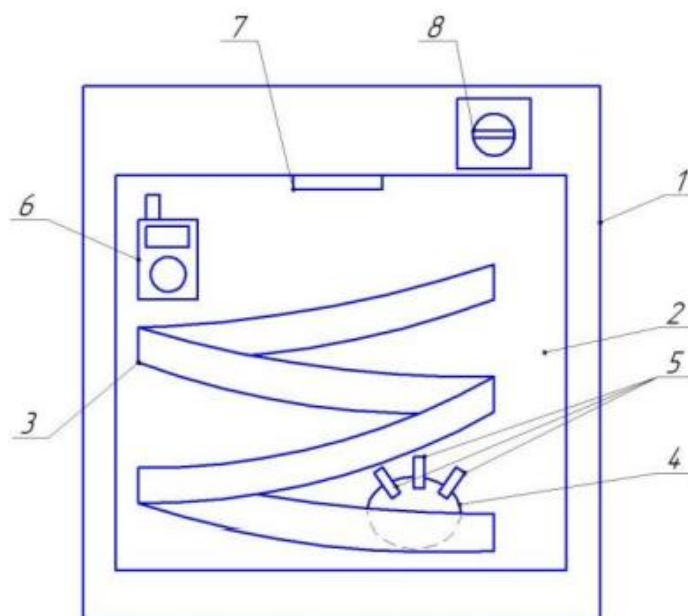


Рисунок 2.4 – Схематичне зображення холодильної установки для короточасного заморожування плодовоовочевої сировини

На рис. 2.4 зображено: 1 – холодильна установка, 2 – камера охолодження, 3 – напрямна гвинтова спіраль, 4 – плід, 5 – температурні датчики, 6 – датчик вологості та температури, 7 – вентилятор, 8 – регулююча панель.

Об'єкти дослідження (плоди) (4) знаходяться на направляючій гвинтовій спіралі (3), кут нахилу якої 15°. У центрі, в середині та на поверхні плодів розміщені датчики температури (5). До початку експерименту проводилися геометричні виміри плодів, їх маса, вологість та органолептичні показники. Усі плоди відповідали показникам, а саме свіжі, чисті, без механічних пошкоджень та хвороб, без стороннього запаху та смаку.

У холодильній камері температура варіювалася від +9 до -4°C, а показник вологості від 75 до 95%. Регулювання відбувалося за допомогою регулюючої панелі (8). Вимірювання температури та вологості повітряного середовища проводилися за допомогою вимірювача температури та відносної вологості повітря ІВТМ-7 М2-01(6). Повітряний потік у камері створюється вентилятором (7). Температуру плодів визначали цифровими термометрами Testo110, геометричні розміри штангенциркулем ЩЦ-III 0 до 160 мм, а масу вагами лабораторними ВК 3000.1 та вагами електронними АС 211 S.

Важливим є положення продукту при зберіганні та збереженні його зовнішнього шару. В якості об'єкта досліджень візьмемо плоди лимона, як найбільш складну систему, яка схильна до охолодження і короткочасного зберігання.

Під час закладки продукції на зберігання було розглянуто три варіанти розташування об'єктів: навалом, вертикальне розташування плодів на напрямній спіралі (плоди торкаються плодоніжками), горизонтальне розташування плодів на напрямній спіралі (плоди торкаються бічними поверхнями), рис. 2.5.

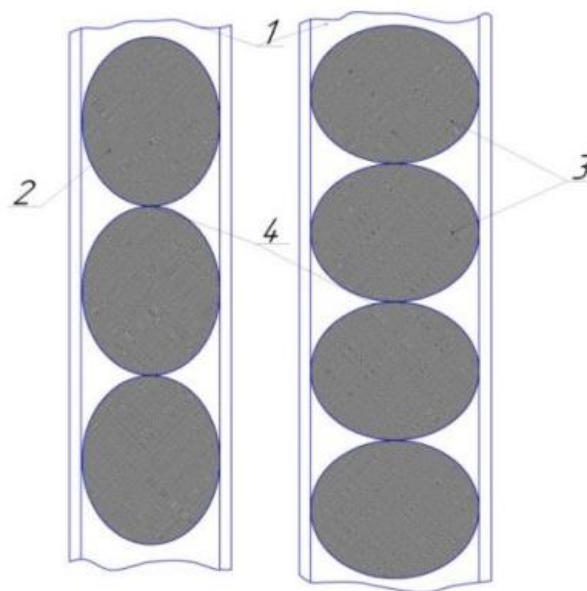


Рисунок 2.5 – Варіанти розташування плодів на напрямній спіралі у процесі зберігання

На рис. 2.5 зображено: 1 – напрямна спіраль; 2 – вертикальне розташування плодів; 3 – горизонтальне розташування плодів, 4 – місце деформації поверхні.

Плоди були завантажені на гвинтову спіраль, кут нахилу якої становить 15° . Також розглянуто спосіб зберігання продуктів навалом один на друга. Всі об'єкти дослідження були пронумеровані, однакового розміру та без механічних чи гнильних ушкоджень. Тривалість зберігання склала 7 днів при температурі в камері 4°C і відносній вологості повітря 90%. Після закінчення терміну зберігання робили вивантаження плодів і візуальну оцінку їхніх поверхонь.

Аналізуючи результати досліджень, можна дійти висновку, що вертикальне розташування плодів, коли вони торкаються з плодоніжками, при зберіганні є найбільш раціональним, бо при такому орієнтуванні плоди були менш схильні до деформації. При горизонтальному розташуванні плодів, коли вони торкаються бічними поверхнями, на поверхні деяких плодів виявлялися невеликі вм'ятини у місцях їх дотику ($\approx 12\%$ плодів). Безтарне зберігання продуктів навалом є найменш раціональним, бо більша частина плодів після закінчення терміну зберігання мала механічні ушкодження ($\approx 42\%$ плодів). Механічні ушкодження, як правило, посилюють втрати вологи під час зберігання продуктів.

Також, розташування лимонів на спіралі покращувало аерацію плодів, внаслідок збільшення площі контакту продукту з повітрям, що прискорило процес охолодження. Застосування зберігання навалом ускладнювало охолодження, бо плоди були розташовані занадто щільно один до одного і переміщення струму повітря було ускладнено. Ці продукти охолоджувалися дуже повільно і мали велику частку втрат під час зберігання. Для швидкого охолодження бажано, щоб повітря рухалося вздовж найдовших сторін кожного плода, тому вертикальне орієнтування найбільш переважно при зберіганні. Також дане розташування плодів зменшує величину усушки при зберіганні.

2.3 Теплоізоляційний шар апарату для короткочасного зберігання фруктів та овочів

Розмір плода по найбільшому поперечному діаметру не менше 60 мм, мінімальна різниця між плодами в одній упаковці 7 мм. Розроблена камера для короткочасного зберігання лимонів передбачає завантаження лимонів 1 раз на 7 днів. Температура зберігання 4°C . У відповідності до розробленої конструкції апарату, обсяг холодильної камери становитиме $0,63 \text{ м}^3$. При цьому габаритні розміри камери становитимуть: висота 0,5 м, діаметр 0,4 м, кут нахилу направляючої гвинтової спіралі 15° .

Охолоджувальне обладнання має теплоізоляцію, що дозволяє підтримувати певні умови відносної вологості повітря та температури. Це є особливістю охолоджуваного обладнання у порівнянні з іншим обладнанням.

Температура навколишнього середовища (t_n) є нижчою чим температура в робочій камері апарату охолодження ($t_{\text{пм}}$), що призводить до появи

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

температурного перепаду. Також різниця температур сприяє появі температурного поля в огороженні охолоджуючого апарату.

Наявність різниці температур та різниці тисків не дозволяє повністю видалити потоки тепла та вологи, бо при цьому необхідно виготовлення огорожуючих поверхонь, проте, існують ізоляційні матеріали з властивостями опору тепло- та вологопроникності. Їх використання дозволяє значно зменшити виділення вологи та теплоти через стінки охолоджувального апарату.

За наявності теплоізоляції різниця температур поблизу внутрішньої поверхні набагато менша від даного значення ніж у внутрішньої поверхні цієї ж огорожі без теплоізоляції. Висушування продукту та конденсація вологи з теплового боку на поверхні може бути пов'язана великою різницею температур між внутрішньою поверхнею огорожі та температурою всередині робочої камери апарату. Перше явище пов'язане з сильнішою циркуляцією повітря, друге- з тим, що температура поверхні з теплового боку може бути нижчою температури точки роси. Наявність великого градієнта температур також може сприяти отепленню або підморожуванню охолоджуваних продуктів у літній та зимовий час відповідно.

Вимоги до ізоляційних матеріалів:

1. Матеріал повинен мати невеликий коефіцієнт паропроникності, що сприяє ефективному опору паропроникнення.

Парапроникнення через однорідну огорожу характеризується кількістю вологи, що проходить через дану огорожу, яка визначається за формулою (кг/с):

$$W = F(P_n - P_{пм}) \frac{\mu}{\delta}$$

де F – площа огорожі, м²;

δ – товщина огорожі, м;

μ – коефіцієнт паропроникності матеріалу, кг/(м с Па);

P_{пм} – парціальний тиск вологої пари в приміщенні, що охолоджується, Па;

P_n – парціальний тиск вологої пари зовні огорожі, Па.

Опір паропроникненню шару однорідного матеріалу, м² с Па/кг:

$$H = \frac{\delta}{\mu}$$

2. Матеріал повинен перешкоджати поглинанню вологи, тим самим забезпечуючи більш тривале зберігання та експлуатацію матеріалу ізоляції.

3. Має бути стійким при великих змінах температури та підтримувати свої властивості при низьких і високих температурах.

4. Не мати запаху.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Основою проектування теплоізоляції є підбір конструкції та матеріалу теплоізоляції, а також розрахунок та підбір товщини матеріалів, що входять у конструкцію теплоізоляції.

Щільність теплового потоку через огороження визначається рівнянням, Вт/м²

$$q = k_0(t_n - t_{пм})$$

де k_0 – загальний коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції, Вт/(м² К).

Коефіцієнт теплопередачі визначається виразом, Вт/(м² К):

$$k_0 = \frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_n + \sum R_i + R_b + R_{из}}$$

де R_0 – загальний опір теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції, м² К/Вт;

$R_n = \frac{1}{\alpha_n}$ – опір тепловіддачі із зовнішньою або теплішою стороною огорожі, м² К/Вт;

$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ – опір теплопровідності і-го шару огорожувальної конструкції, м² К/Вт;

$R_b = \frac{1}{\alpha_b}$ – опір тепловіддачі з внутрішньої сторони огорожі, м² К/Вт;

$R_{из} = \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}$ – опір теплопровідності теплоізоляційного шару, м² К/Вт;

α_n, α_b – коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої та внутрішньої сторони огорожі, Вт/(м² К);

δ_i – товщина будівельних шарів конструкції, м;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності матеріалу будівельних шарів конструкції, Вт/(м К);

$\delta_{из}$ – товщина теплоізоляційного шару, м;

$\lambda_{из}$ – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного шару, Вт/(м К).

Виходячи з цього, визначається товщина теплоізоляційного шару, м:

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_b} \right) \right]$$

При відмінності прийнятої та розрахункової товщини теплоізоляційного шару більш ніж на 10%, то визначають дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}}$$

де $\delta_{из}$ – прийнята товщина теплоізоляційного шару, м.

Для теплоізоляції вибирається матеріал пінополіуретан, що має коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{из} = 0,02$ Вт/м·К; коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої $\alpha_n = 8,7$ Вт/(м² К) та внутрішньої сторони огорожі $\alpha_b = 20$ Вт/(м² К); товщина будівельних шарів конструкції $\delta_i = 0,002$ м; коефіцієнт теплопровідності матеріалу будівельних шарів конструкції $\lambda_i = 0,02$ Вт/(м К); загальний коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції $k_0 = 0,47$ Вт/(м² К).

$$\delta_{из} = 0,02 \left[\frac{1}{0,47} - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,002}{0,02} + \frac{1}{20} \right) \right] = 0,037\text{м}$$

Товщина теплоізоляційного шару дорівнює 37 мм.

Визначимо дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,002}{0,02} + \frac{1}{20} + \frac{0,037}{0,02}} = 0,47$$

Що відповідає прийнятому значення коефіцієнта теплопередачі.

Отже, остаточно можна прийнято товщину теплоізоляційного шару рівною 37 мм.

2.4 Теплопритоки у зоні розташування фруктів та овочів

Холодопродуктивність – це основна характеристика підпорядкування холодильної машини. Вона характеризує середню теплову енергію, що віднімається у охолодженого об'єкта в одиницю часу. Існує два способи визначення величини холодопродуктивності:

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

1. Якщо відомі всі теплопритоки, то навантаження на охолоджувальне обладнання визначають як сума усіх теплопритоків в даній камері холодильника. Холодопродуктивність установки визначається як навантаження на обладнання.

На рис. 2.5 показані можливі теплові навантаження (теплопритоки) камери холодильника, але, як правило, на стадії проектування вони невідомі.

2. Другий спосіб полягає у визначенні можливої величини холодопродуктивності при заданій різниці температур між охолоджуванним об'єктом і навколишнім середовищем. У такому випадку буде відома кількість тепла яку можливо відвести з камери.

Для визначення потенціалу холодильного комплексу підходить перший варіант.

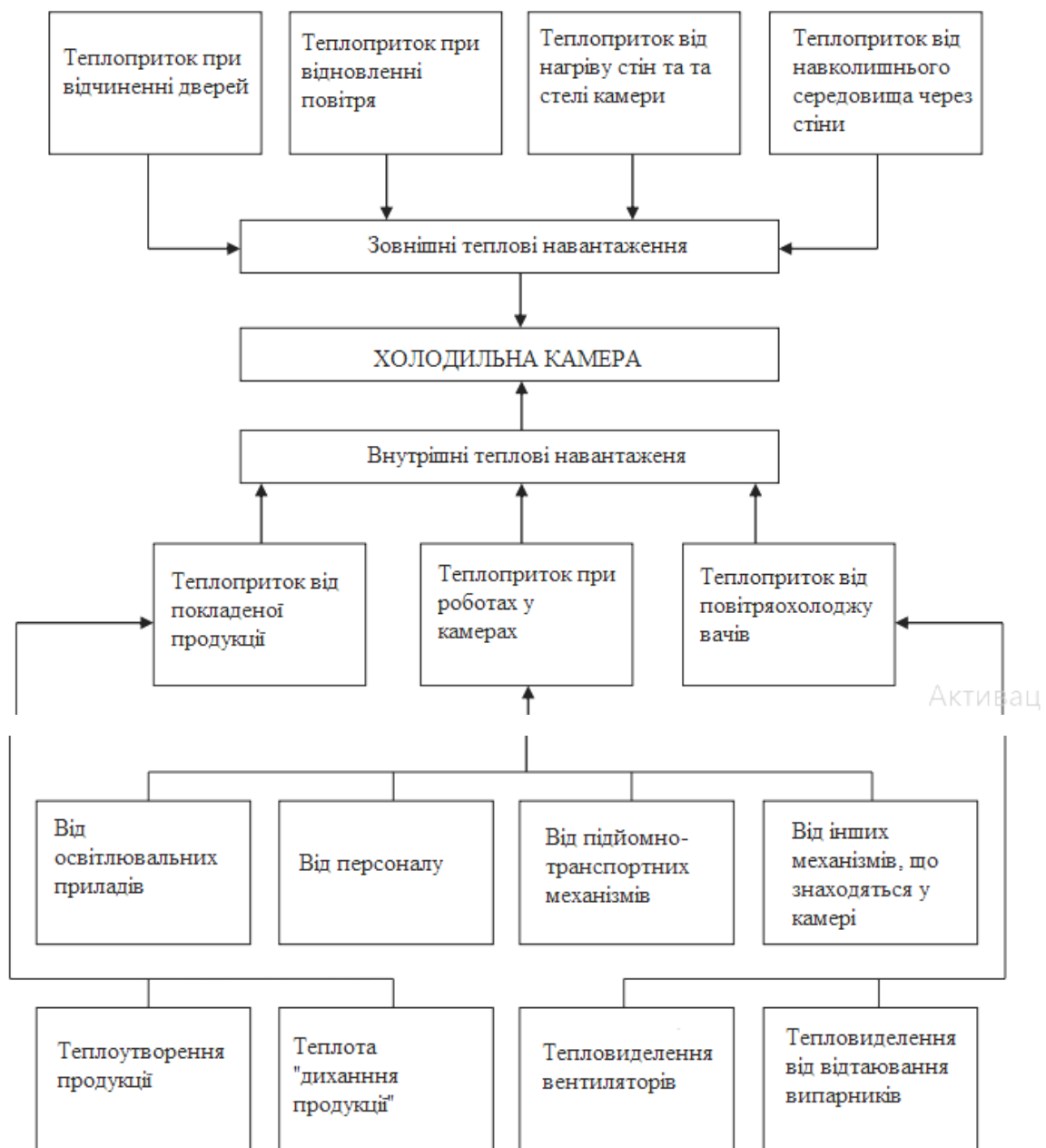


Рисунок 2.6 – Схема теплових навантажень на холодильну камеру

Розрахунок теплопритоків зводиться до визначення кількості теплоти всіх джерел теплоти, що надходять в холодильне обладнання і впливають на підтримку необхідних показників температури і відносної вологості повітря в апараті. Його кінцевою метою стає розподіл продуктивності обладнання, достатньої для відведення всієї теплоти, яка поступає на об'єкт для підтримки заданих параметрів.

Для підбору приладів охолодження необхідно знати теплове навантаження апарату. Теплопритоки, що надходять в апарат і утворюються всередині робочої камери можна виділити на такі види:

- теплоприток від навколишнього середовища Q_1 через огороження;
- теплоприток від продуктів Q_2 при холодильній обробці;
- приплив теплоти, що надходить з зовнішнім повітрям Q_3 при вентиляції;
- експлуатаційний теплоприток Q_4 ;
- теплоприток Q_5 від «дихання» овочів та фруктів.

Сума всіх теплоприток повітря визначається за формулою, яка необхідна для підбору охолоджуючих пристроїв, кВт:

$$Q_{об} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

2.5 Процес тепло- та масообміну при зберіганні охолоджених фруктів та овочів

2.5.1 Вплив температури навколишнього повітря на час охолодження фруктів та овочів

Розглянемо показники, що визначають вплив температури навколишнього повітря на час охолодження плодів та овочів. Час охолодження продуктів виконано на плодах. Об'єкти дослідження були поміщені на напрямну спіраль, яка знаходиться в охолоджуваному пристрої для визначення залежності часу охолодження плодів та овочів залежно від температури у камері. Кожні 5-20 хвилин проводилися вимірювання температури повітря в охолоджувальній камері, температури повітря в приміщенні, а також температури на поверхні, в середині і центрі плодів. Завантаження проводилось плодами одного виду, а температура всередині камери підтримувалася за допомогою зміни холодопродуктивності холодильної машини. Вимірювання проводилися при підтримці температури в камері від +9 до -4°C (на прикладі, лимонів та мандарин), рис. 2.7, рис. 2.8.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

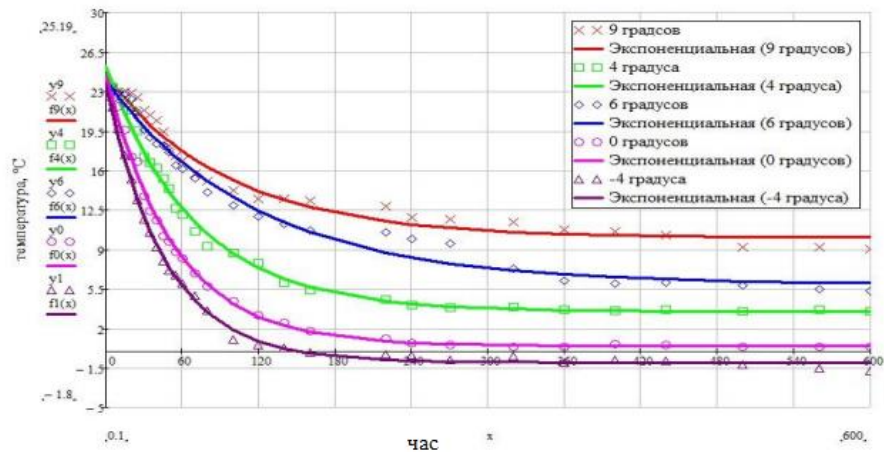


Рисунок 2.7 – Вплив часу охолодження плодів лимона у центрі від температури в камері охолодження

Тривале зберігання більшості плодів та овочів при низьких температурах (близьких до 0°C) знижує інтенсивність процесів внутрішньоклітинного метаболізму, уповільнює процеси дозрівання та перезрівання, знижує витрату запасних речовин на дихання, а також діяльність мікроорганізмів. Як контрольний спосіб охолодження було прийнято природне охолодження без додаткових інтенсифікаторів холодильного процесу.

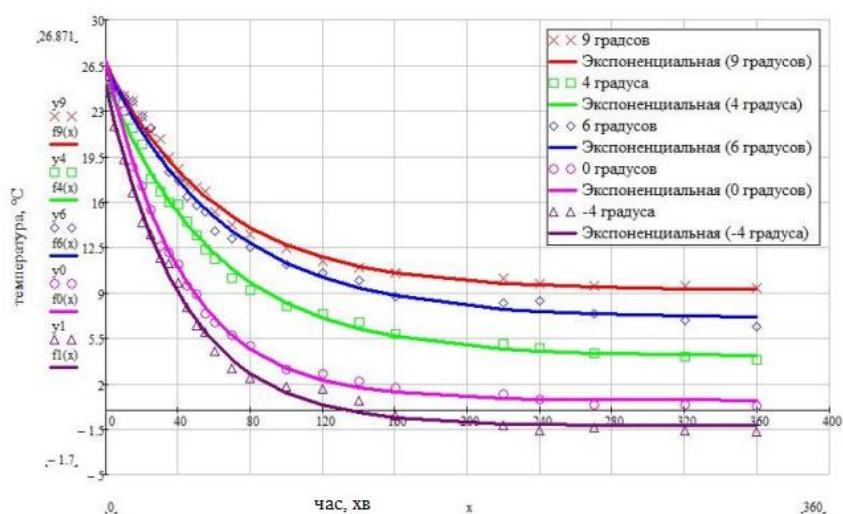


Рисунок 2.8 – Вплив часу охолодження плодів мандарину в центрі від температури в камері охолодження

З графіків видно, що при природному охолодженні тривалість холодильного процесу тим більша, чим вище температура в камері охолодження. У свою чергу, мінімальна тривалість охолодження плодів до температури 0°C спостерігається при температурі -4°C і становить в середньому 114 хв. Але зниження температури не може бути довільним, тому що при певних низьких температурах свіжі плоди та овочі замерзають і можуть загинути. Рівень температури зберігання повинен бути десь близько до межі замерзання тканин плодів та овочів.

При підтримці температури всередині камери від 0 до -4°C температура плодів, що охолоджуються, переходить в область з негативними показниками температури, що призводить до переохолодження тканин продукту в подальшому процесі зберігання плодів та овочів.

У плодах, схильних до зберігання при низьких температурах (нижче 0°C), було виявлено зневоднення, молекули води, все більше втрачаючи свою рухомість у міру заморожування, перебудовуються в відносно стійку кристалічну систему, яка руйнувала клітинні оболонки зразків. При зберіганні зразків в умовах зниженої температури спостерігається потемніння окремих ділянок тканин та припухлість. Особливо дані явища спостерігалися при зберіганні лимонів та мандаринів.

З усього вище сказаного, можна зробити висновок, що оптимальною температурою для охолодження плодів і овочів, без їх фізичних змін, є 4°C , яка досягається приблизно за 233 хв. Прийємо діапазон коливання температури 2°C .

Розглядаючи процес охолодження за постійною температурою по всій товщі плода, зауважимо, що в період початку охолодження температура в центрі плода лимона вище, ніж температура поверхні та середині зразка.

Також спостерігається невелике збільшення температури в перші хвилини після закладання плодів. Потім бачимо фазу швидкого охолодження, в процесі якої температура в центрі продукту починає бути нижче температури чим в середині та на поверхні досліджуваного плода. Далі настає фаза повільного охолодження, де відбувається вирівнювання температур до рівноважної по всьому обсягу плода. Максимальний перепад температур між поверхнею і центром лимона в період охолодження становить $1,9^{\circ}\text{C}$, що є незначним показником.

2.5.2 Вплив швидкості повітряного потоку на час охолодження фруктів та овочів

Якщо охолодження в камерах зберігання недостатньо, часто використовують холодильні камери з потужними вентиляторами, що забезпечують високу швидкість руху повітря.

При охолодженні з примусовим рухом повітря створюється різниця тиску повітря на протилежні стінки камери. Завдяки їй тепле повітря виводиться при безпосередньому вентиляванні кожного продукту.

Швидке охолодження досягається за допомогою ефективного штучного охолодження та великого обсягу потоку повітря на одиницю продукції. Для визначення швидкості повітряного потоку відомо безліч способів. Один з них – прилад анемометр. У камеру охолодження прямує повітряний потік, створений вентилятором. Температура повітря в охолоджуваній камері при цьому не змінювалася (4°C).

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

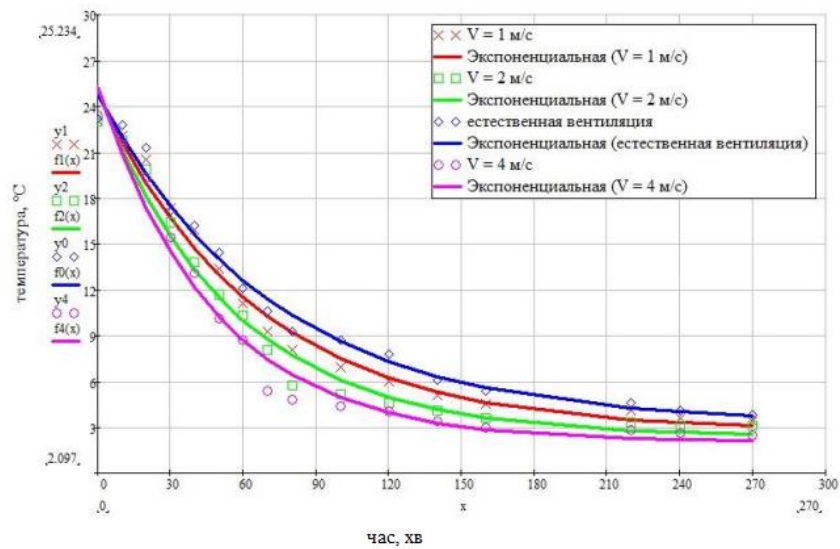


Рисунок 2.9 – Вплив часу охолодження плодів лимона у центрі від швидкості руху повітря в камері охолодження

За результатами дослідження побудовані графіки зміни температури в центрі плодів до досягнення рівноважної температури тривалості охолодження, рис. 3.8, рис. 3.10.

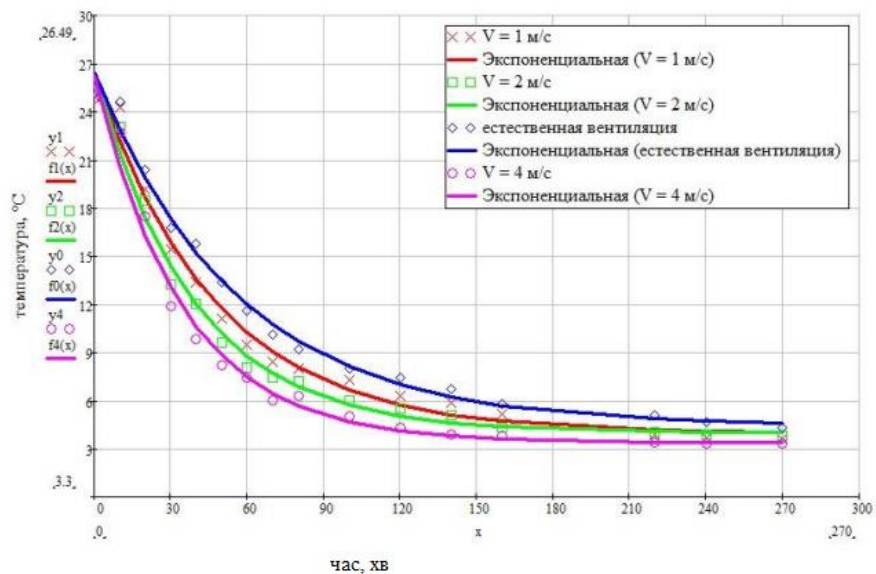


Рисунок 2.10 – Вплив часу охолодження плодів мандарину у центрі від швидкості руху повітря в камері охолодження

При природному охолодженні час досягнення рівноважної температури становив 220 хвилин і він є максимальним. При збільшенні швидкості повітряного потоку, що направляєється в камеру, час охолодження продукту зменшується. Тобто мінімальна тривалість охолодження досягається при швидкості вентиляції 4 м/с і становить 110 хвилин.

Аналіз залежності швидкості руху повітря 4 м/с показує, що протягом 100 хв. охолодження температура у камері зберігання знизилася з +24,4°C до температури 4,3°C. Як видно з графіка, процес охолодження більш інтенсивний в інтервалі часу від 0 до 70 хвилин. Це пов'язано з більш активним виділенням тепла від продукту і відведенням його в атмосферу, а на ділянці триває 70-120 хвилин – температура плавно наближається до температури встановленого режиму зберігання. Подальше охолодження продукту є недоцільним і призводить до перевитрати електроенергії.

Подальше збільшення швидкості руху повітря призводить до зниження вологості повітря в камері, в результаті спостерігається в'янення продукції. В'янення – небажане явище, бо в наслідок нього продукція втрачає товарні якості. При в'яненні збільшується проникність клітин, що знижує їх стійкість до хвороб. В'янення посилює гідролітичну активність ферментів, тому зростає інтенсивність дихання.

Найбільш доцільно проводити охолодження зі швидкістю циркуляції повітря 4 м/с протягом перших 70 хвилин, а потім проводити зберігання продукції з наступним дотриманням робочих режимів зберігання в холодильній камері (швидкість вентиляції, яка необхідна для видалення продуктів дихання плодів і овочів становить 0,35-0,4 м/с). Цей метод дозволяє швидко зняти теплове навантаження в початковий період охолодження.

2.5.3 Вплив швидкості повітряного потоку на показники відносної вологості повітря при охолодженні фруктів та овочів

З метою оптимізації процесу охолодження регулюють відносну вологість повітря. Стабільна підтримка відносної вологості при такій же стабільності температурного режиму виключає підморожування і випадання конденсату на поверхні овочів і дозволяє істотно подовжити період їх зберігання. Підтримка високої зміни відносної вологості особливо важлива при охолодженні і зберіганні плодів і овочів. Це сприяє більш швидкому охолодженню продукції. Однак, слід розглянути зміну відносної вологості при збільшенні швидкості повітря в камері зберігання в період швидкого охолодження плодів і овочів.

Вплив швидкості руху повітря при охолодженні продукту на вологість повітря в камері розглянуто на рис. 2.11, 2.12.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

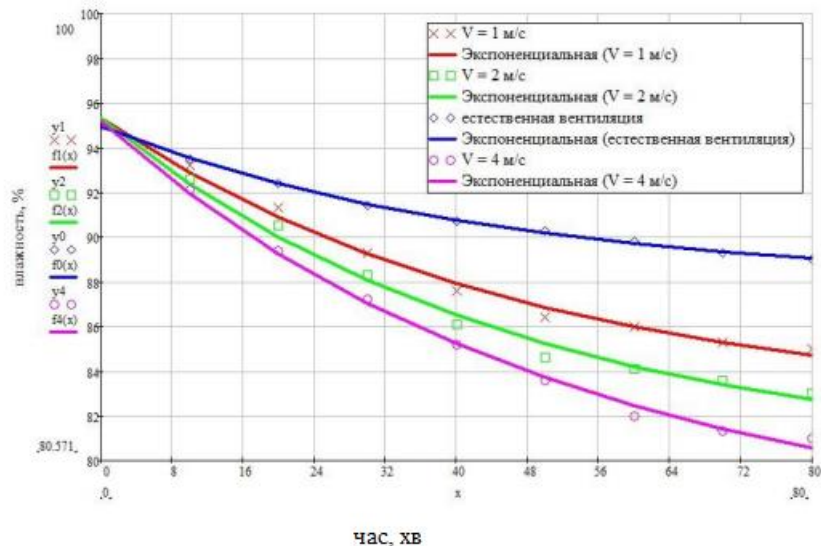


Рисунок 2.11 – Вплив вологості повітря в камері охолодження від швидкості руху повітря при охолодженні плодів лимона

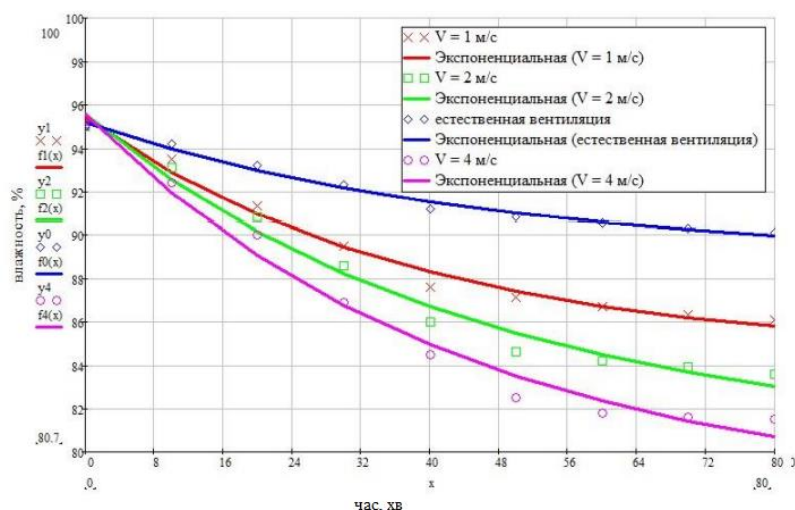


Рисунок 2.12 – Вплив вологості повітря в камері охолодження від швидкості руху повітря при охолодженні плодів мандарину

Отже, чим вище швидкість продування повітря в камері зберігання, тим нижче вологість повітря в процесі охолодження. При цьому органолептичні показники перебувають у нормі. Подальше збільшення швидкості руху повітряного потоку призводить до зниження вологості до 76%, що призводить до погіршення зовнішнього вигляду продуктів та збільшення частки втрат при охолодженні.

2.5.4 Вплив температури в камері на величину втрат при короткочасному зберіганні охолоджених фруктів та овочів

Після розміщення фруктів та овочів у холодильну камеру для раціонального зберігання фруктів та овочів необхідно створення та підтримання оптимального температурно-волого режиму. Щоб суттєво зменшити природний спад ваги плодоовочевої продукції та максимально

продовжити термін зберігання, необхідно якомога швидше охолодити продукцію та підтримувати раціональні параметри зберігання. Температура повітря дуже впливає на втрати продукту при короткочасному зберіганні, рис. 2.13, рис. 2.14.

При зменшенні температури в камері зберігання частка втрат також зменшується. Найбільш доцільно підтримувати всередині сховища постійну температуру 4°C. При її коливанні величина усушки зростає приблизно на 1,48%, що є недоцільним і небажано впливає на зовнішній вигляд продукції. Після закінчення часу зберігання зразки, які знаходились у камері при підтримці температури в 9°C мали більш тонку шкірку і сильно були зневоднені. Також був більш коричневий колір плодів лимона і мандарину, що є порушенням якості продукту.

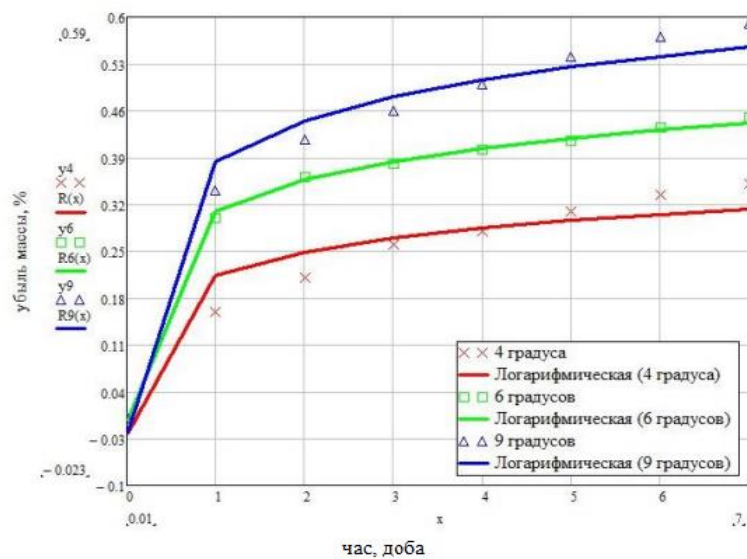


Рисунок 2.13 – Вплив температури у камері охолодження на втрати вологи при зберіганні плодів лимона

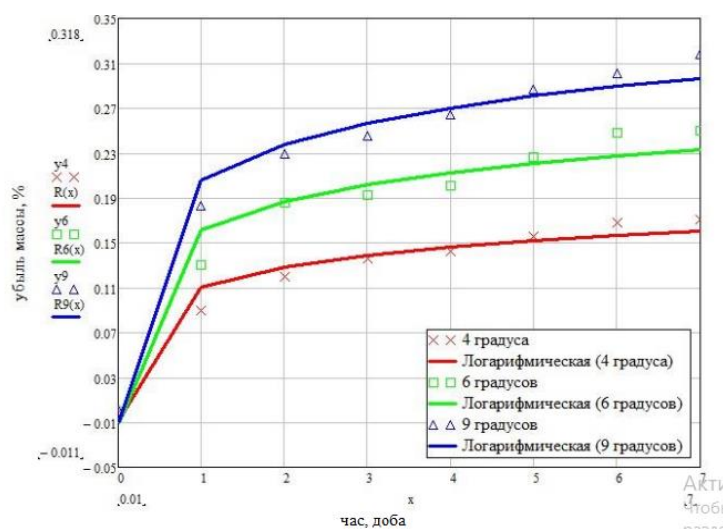


Рисунок 2.14 – Вплив температури у камері охолодження на втрати вологи при зберіганні плодів мандарину

У даному процесі можна помітити стадію інтенсивного темпу втрати вологи і наступну фазу більш однорідного зменшення маси плодовоовочевої сировини.

2.5.5 Визначення впливу відносної вологості повітря в камері на величину втрати при короткочасному зберіганні охолоджених фруктів та овочів

Вологість повітря істотно впливає на збереження фруктів і овочів. Відносна вологість – це відношення щільності насиченої водяної пари, що міститься у повітрі і щільності насиченого пару при тій же температурі, зазвичай виражається у відсотках.

Чим нижче відсоток відносної вологості, тим менше водяної пари міститься у повітрі. Вологість повітря схильна до коливань залежно від температури. Оскільки фрукти і овочі містять багато води, то краще зберігати їх при вологості повітря, близької 100%. Проте дуже висока вологість повітря може призвести до погіршення стану плодовоовочевої продукції, що є сприятливим середовищем для розвитку мікроорганізмів, тому фрукти і овочі доводиться зберігати при відносній вологості в межах від 80 до 95%. При випаровуванні води в таких умовах не відбувається втрата ваги продукції.

Якщо надмірна вологість повітря створює сприятливе середовище для розвитку цвілі, то надто знижена вологість повітря сприяє посиленню випаровування вологи з фруктів і овочів. Випаровування навіть невеликої кількості води, приблизно 6-8%, викликає їх в'янення і в'ялість. Пружність тканин знижується, відповідно знижуються смакові та товарні якості продукції, крім того, знижується стійкість до захворювань.

Колівання відносної вологості повітря викликають зміну вологості товарів. Кожному виду товару властива певна вологість, відхилення від якої може змінити напрямок хімічних та біохімічних процесів. Тому вологість повітря необхідно підтримувати на такому рівні, щоб виключити як зволоження сухих товарів, так і висихання товарів з високим вмістом вологи.

Залежності відносної вологості повітря в камері зберігання від часу зберігання є важливим, рис. 2.15, рис. 2.16.

Основним видом втрат при зберіганні є спад маси, тому підтримання підвищеної вологості (90-95%) в камері зберігання дає позитивний ефект. Втрати маси внаслідок випаровування продуктів при вологості менше 85% значно вище і перевищують нормативні значення природного зменшення.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

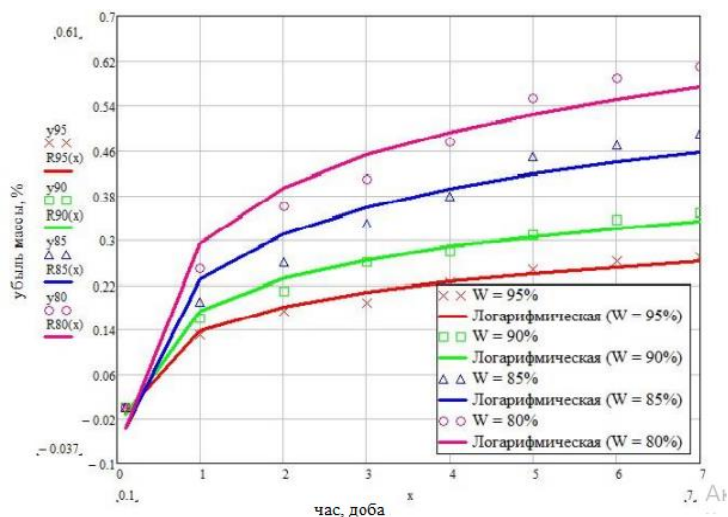


Рисунок 2.15 – Вплив вологості повітря в камері охолодження на втрати вологи при зберіганні плодів лимона

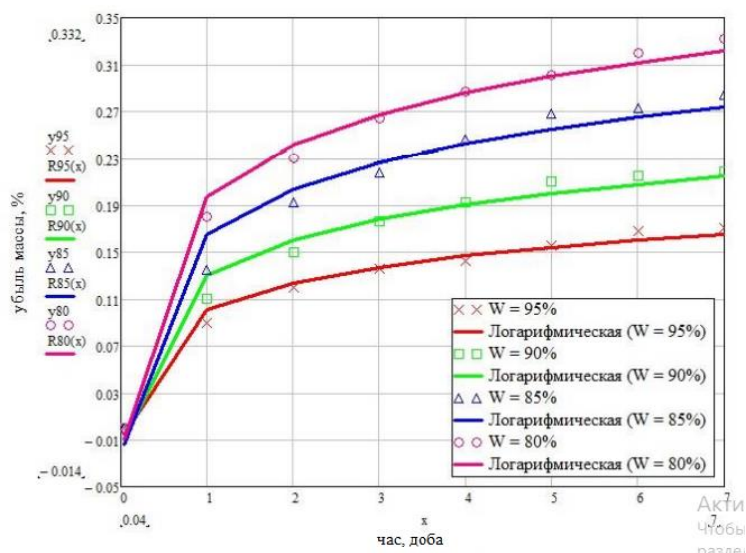


Рисунок 2.16 – Вплив вологості повітря в камері охолодження на втрати вологи при зберіганні плодів мандарину

Розглядаючи залежності можна виділити дві стадії швидкості втрати маси. Найбільший темп втрати вологи спостерігався протягом перших двох діб, що викликано інтенсивним охолодженням і подальшою адаптацією продуктів до умов зберігання. Далі спостерігається зменшення швидкості приблизно в 1,52 рази. Настає стан рівноваги і втрати відносно рівномірні під час короткочасного зберігання продуктів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Мікроклімат та освітлення у виробничому приміщенні

Важливим показником високої працездатності є виробниче освітлення. У зв'язку з цим передбачається природне і штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через бічні віконні прорізи. Засклена поверхня вікон два рази в рік очищається від пилу і кіптяви. Ці заходи необхідні для максимального використання природного освітлення.

Характеристика зорової роботи На проєктованому підприємстві планується застосування люмінесцентних ламп низького тиску – сухі нормальні ВЛО-3Х80Б.

Параметри виробничого мікроклімату приведені в табл. 3.1. Вони не викликають пошкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть призводити до виникнення загальних і локальних відчуттів теплового дискомфорту, погіршення самопочуття і зниження працездатності.

Таблиця 3.1. – Параметри мікроклімату

Період року	Категорії робіт	Температура повітря, °С			Температура поверхні, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с		
		Оптимальний	Допустима		Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	
			Вище оптимальної	Ниже оптимальної						Вище оптимальної	Ниже оптимальної
Холодний	Пб	17-19	19,1-22	15-16,9	16-20	14-23	60-40	15-75	0,2	0,4	0,2
Теплий	Пб	18-22	21,1-27	16-18,9	18-22	15-28	60-40	15-75	0,2	0,5	0,2

Цех опалюється від котельні, яка знаходиться на території підприємства. В якості теплоносія виступає вода з температурою на вході в будівлю 120-130°С. Для зручного обслуговування застосовуються опалювальні прилади – гладкотрубні радіатори.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів					
Розроб.								Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун								3	52
Н. Контр.	Омельченко							ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Омельченко									

3.2. Системи вентиляції у виробничих та складських приміщеннях

Цех потрібно провітрювати. Для цього використовують системи вентиляції, які представлено в табл. 3.3.

Таблиця 3.2. – Рекомендовані системи вентиляції у виробничих, підсобних і складських приміщеннях

Цех	Основні виділяемі шкідливості	Системи вентиляцій		
		Витяжна	Припливна	
			В холодний період року	В теплий період року
Компресорний	Виділення парів аміаку	Механічна з верхньої і нижньої зони	Механічна з подачею повітря у верхню зону	Природня

3.3. Аналіз виробничих шкідливих і небезпечних чинників у процесі отримання холоду

При виконанні технологічних процесів з'являються шкідливі і небезпечні чинники, під впливом яких може опинитися людина в процесі експлуатації обладнання. Результати представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3. – Шкідливі виробничі чинники та засоби захисту

Цех	Найменування	ПДУ, доза	Дія на організм людини	Індивідуальні засоби захисту
1	2	3	4	5
Компресорний цех	Вологовиділення	До 75 %	Вологість шкірних покривів, простудні захворювання	Спеціальний одяг, взуття та гумові рукавички
	Тепловиділення	Вище 45 °С	Тепловий дискомфорт, термічний опік, вологість шкірних покривів	Термоізолюючий одяг, взуття, рукавички
	Шум	80 дБА	Погіршення слуху, підвищена стомлюваність, зниження уваги	Спеціальний одяг, беруші, навушники
	Вібрація	92 дБ/80 Гц	Розлад ЦНС	Спеціальне взуття з віброгасильними прокладками, килимки, рукавички
	Газовиділення	20мг/м ³	Погіршення	Протигаз типу КД, ізолюючий дихальний апарат стисненого повітря АСВ
	Масловиділення	20мг/м ³	Роздратування, термічний опік	Спеціальний одяг, взуття та рукавички

Тому виявивши шкідливі виробничі чинники необхідно приступити до аналізу засобів індивідуального захисту і способів захисту обладнання. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники визначаються відповідно до гостів та стандартів.

3.4. Безпека експлуатації холодильного обладнання

Будь-яке технологічне обладнання повинно забезпечувати встановлені вимоги. В процесі експлуатації воно не повинно забруднювати навколишнє середовище викидами шкідливих речовин вище встановлених норм, має бути пожежо- та вибухобезпечним.. Виконання зазначених вимог в повному обсязі можливе лише в тому випадку, коли їх облік проводиться на етапі проектування підприємства.

Небезпека ураження людини електричним струмом залежить від низки чинників, у тому числі суттєве значення мають наступні: експлуатаційна напруга, навколишнє виробниче середовище і кваліфікація обслуговуючого персоналу.

Для захисту людей від ураження електричним струмом застосовуються захисні заходи електробезпеки: захисне заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, застосування малих напруг, подвійна ізоляція, огорожі.

До технічних способів і засобів захисту від випадкового дотику до струмоведучих частин відноситься: ізоляція струмоведучих частин; ізоляція робочого місця; захисні оболонки; захисні огорожі; захисне відключення; безпечне розташування струмоведучих частин; попереджувальна сигналізація, блокування, знаки безпеки.

У цеху використовується контурне заземлення зі штучними заземлювачами. В якості штучних заземлювачів використовуються вертикальні сталеві куточки розміром 40x40 мм і довжиною 3,5 м.

На підприємстві передбачена автоматична система пожежної сигналізації, пожежні щити, а також порошкові вогнегасники і стенди з інвентарем. Автоматична пожежна сигналізація дозволяє виявити початкову стадію загоряння і сповістити про це службу безпеки.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться, перш за все, вогнегасники. Вогнегасники призначаються для гасіння вогнищ горіння в початковій їх стадії, а також для протипожежного захисту невеликих споруд, машин і механізмів.

Захисне заземлення – навмисне електричне з'єднання з землею і її еквівалентом. Захисне заземлення має можливість бути ефективним тільки в тому випадку, якщо струм замикання на землю не збільшується зі зменшенням опору заземлення.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів. У роботі зазначено, що майже всі галузі виробництва застосовують штучне охолодження, яке є необхідним для збереження якості продукції тривалий час. Плоди та овочі містять комплекс корисних речовин, які необхідні людині. У даний час вирощують приблизно 4 млн. тон овочів і фруктів, 30% яких псуються у процесі зберігання, що є великим показником втрат цієї продукції. При зберіганні плодів та овочів необхідно дотримання технічних умов, які забезпечують відповідну безпеку товарів. Забезпечення раціональних умов охолодження при мінімальних втратах та підтримання хорошої якості продуктів – основне завдання холодильної техніки.

У першому розділі здійснено аналіз методів зберігання та охолодження плодовоовочевої сировини. Зазначено, що технологічний процес швидкого заморожування є поширеним методом зберігання плодовоовочевої сировини, що піддається швидкому псуванню. Дана технологія здійснюється у спеціальних скороморозильних апаратах, що працюють на явищі флюїдизації, яка забезпечує інтенсивне обдування плодів з усіх боків потоком холодного повітря. При використанні даного методу істотним недоліком є те, що якість заморожених продуктів поступається якостю охолодженим, так як у процесі тривалого зберігання в замороженому вигляді змінюється їх смакова та харчова цінність, а при розморожуванні можливі втрати поживних речовин.

Розглянуто обладнання для короткочасного охолодження плодовоовочевої сировини, здійснено класифікацію обладнання: за призначенням циклу холодильної установки, способом отримання холоду, кількістю ступенів охолодження, видом та кількістю робочих речовин, температурним рівнем охолодження, корисною холодопродуктивністю тощо.

Другий розділ присвячено удосконаленню апарату для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів. Зазначено, що для короткочасного зберігання швидкопсувних продуктів застосовується холодильне обладнання малої та середньої потужності, прикладом яких можуть бути збірні холодильні камери. Підтримка необхідного температурного режиму в камері здійснюється за допомогою холодильної установки, а також конструкції, що включає теплоізоляційні панелі. Оскільки, в даній роботі удосконалюється апарат для короткочасного зберігання та охолодження плодово-овочевої сировини невеликої холодопродуктивності то було проаналізовано і підібрано систему охолодження продукту.

Вважається, що найбільш оптимально апарат для охолодження і короткочасного зберігання фруктів та овочів малої холодопродуктивності працює на основі компресійної холодильної машини.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Удосконалення апарата для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>								
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						2	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

Розглянуто апарат для короткочасного зберігання охолоджених фруктів і овочів. Охолоджуюча установка має діаметр 400 мм і висоту 500 мм. Змійовик виконаний у вигляді мідних трубок діаметром 11 мм. Стіни камери зберігання виготовлені зі Сталі 12Х18Н10Т. Зберігання плодів та овочів здійснюється в охолоджувальних апаратах при температурі від 2 до 4°C та відносній вологості повітря 90%, як холодоагент вибираємо R600a, а холодоносієм є повітря.

Основним завданнями такого обладнання є підвищення ефективності охолодження продукту без підморожування, запобігання його злежування при зберіганні. Для вирішення цього завдання у пристрої для короткочасного зберігання фруктів і овочів, що складається з робочої камери з гвинтовою спіраллю і охолоджувальної сорочки пропонується робочу камеру виконати у вигляді тора, а гвинтову спіраль розмістити всередині апарату між зовнішніми і внутрішніми стінками.

Сконцентовано увагу на тому, що важливим є положення продукту при зберіганні та збереженні його зовнішнього шару. Під час закладки продукції на зберігання було розглянуто три варіанти розташування об'єктів: навалом, вертикальне розташування плодів на напрямній спіралі, горизонтальне розташування плодів на напрямній спіралі (плоди притискаються бічними поверхнями). Вертикальне розташування плодів, коли вони притискаються з плодоніжками, при зберіганні є найбільш раціональним, бо при такому орієнтуванні плоди менш схильні до деформації. При горизонтальному розташуванні плодів, коли вони притискаються бічними поверхнями, на поверхні деяких плодів виявлялися невеликі вм'ятини у місцях їх дотику. Механічні ушкодження, як правило, посилюють втрати вологи під час зберігання продуктів.

У відповідності до розробленої конструкції апарату, обсяг холодильної камери становитиме 0,63 м³. При цьому габаритні розміри камери становитимуть: висота 0,5 м, діаметр 0,4 м, кут нахилу направляючої гвинтової спіралі 15°. Охолоджувальне обладнання має теплоізоляцію, що дозволяє підтримувати певні умови відносної вологості повітря та температури. Це є особливістю охолоджуваного обладнання у порівнянні з іншим обладнанням.

Зазначено, що при зменшенні температури в камері зберігання, частка втрат зменшується. Найбільш доцільно підтримувати всередині сховища постійну температуру 4°C. При її коливанні величина усушки зростає приблизно на 1,48%, що є недоцільним і небажано впливає на зовнішній вигляд продукції. Після закінчення часу зберігання плодовоовочевої сировини, яка знаходилася у камері при підтримці температури в 9°C, мали більш тонку шкірку і сильно були зневоднені. Також був більш коричневий колір плодів лимона і мандарину, що є порушенням якості продукту.

Можна виділити дві стадії швидкості втрати маси. Найбільший темп втрати вологи спостерігався протягом перших двох діб, що викликано інтенсивним охолодженням і подальшою адаптацією продуктів до умов зберігання. Далі спостерігається зменшення швидкості приблизно в 1,52 рази. Настає стан рівноваги і втрати відносно рівномірні під час короткочасного зберігання продуктів.

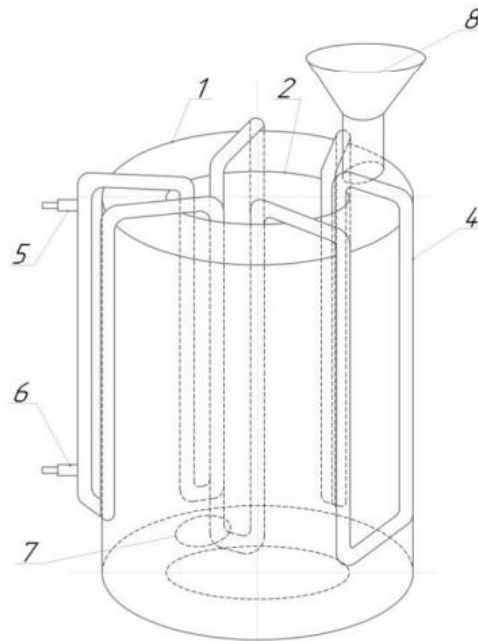
					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

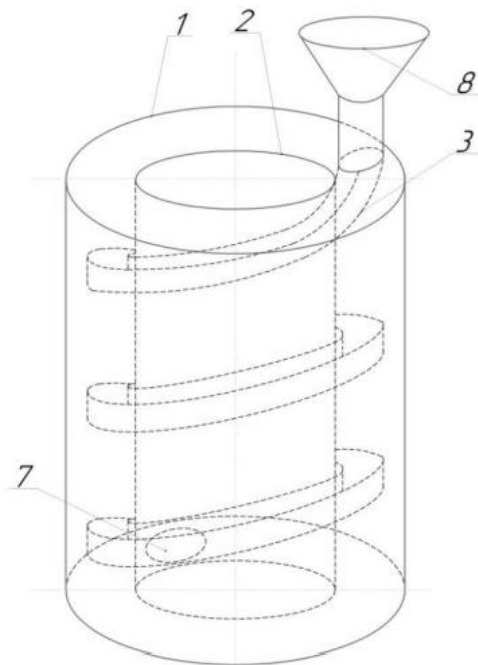
1. Хмельнюк М.Г. Холодильні установки спеціального призначення. Одес. нац. акад. харч. технологій. Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2013. 488 с.
2. Масліков М.М. Холодильна технологія харчових продуктів. К.: НУХТ, 2007. 335 с.
3. Explanation of vegetable and fruit cooling system. Режим доступу: <http://foodprocesscooling.com/produce-cooling-freezing-system/>
4. Лозовський А.П., Іванов О.М. Основи холодильних технологій. Суми: Університетська книга, 2018. 280 с.
5. Мнацаканов Г. К. Основи проектування холодильників. Одеса: Інститут низькотемпературної техніки ОДАХ, 2004. 71 с.
6. Freezing & cooling - fruits and vegetables. Режим доступу: https://www.linde-gas.com/en/processes/freezing_and_cooling/food_chilling_and_freezing/fruit_and_veg/index.html.
7. Гуртовенко Ю.О. Проектування холодильників. Біла Церква: Технологіко-економічний коледж Білоцерківського національного аграрного університету, 2010. 124 с.
8. Cooling of blanched vegetables and fruits for freezing. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/229828016_Cooling_of_blanched_vegetables_and_fruits_for_freezing.
9. Refrigeration Unit. Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/refrigeration-unit>.
10. Компресорні станції транспортних засобів / В.Х. Далека, М.А. Голтв'янський, А.В. Коваленко, В.І. Скуріхін; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Х: ХНУМГ, 2014. 128 с
11. Mechanical refrigeration units (MRU). Режим доступу: <https://www.jouleprocess.com/products/mechanical-refrigeration-units>.
12. Лагутін А.Ю. Холодильна техніка : Друк, 2008. Том 1. 145 с.
13. Холодильні установки. Проектування / Чумак І.Г., Чепурненко В.П., Лагутін А.Ю. Одеса : Друк, 2008. Том 2. 186 с.
14. Ткачук К.Н., Филипчук В.Л., Каштанов С.Ф., Зацарний В.В., Полукаров О.І. та ін. Виробнича санітарія. Рівне: 2012. 443 с.
15. Бедрій Я. І. Безпека життєдіяльності / Я.І. Бедрій, В.Я. Нечай. Львів: Магнолія 2006, 2007. 499 с.
16. Датьков В.П., Шевченко П.І. Холодильне устаткування галузі. Навчальний посібник. Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. 162 с.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Додаток А
Пристрій для короткочасного зберігання
фруктів та овочів



Пристрій для короткочасного зберігання
фруктів та овочів



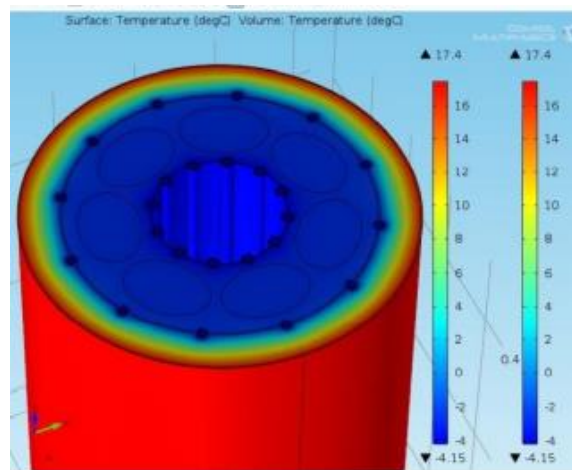
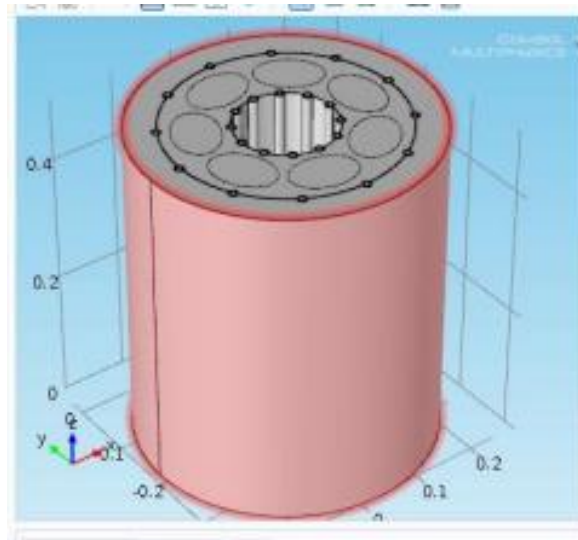
Робоча камера апарату без охолоджувальної сорочки

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.					Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун					1	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ		
Затверд.	Омельченко				Кафедра ЗІДО		

Пристрій для
короткочасного зберігання
фруктів та овочів

Додаток Б

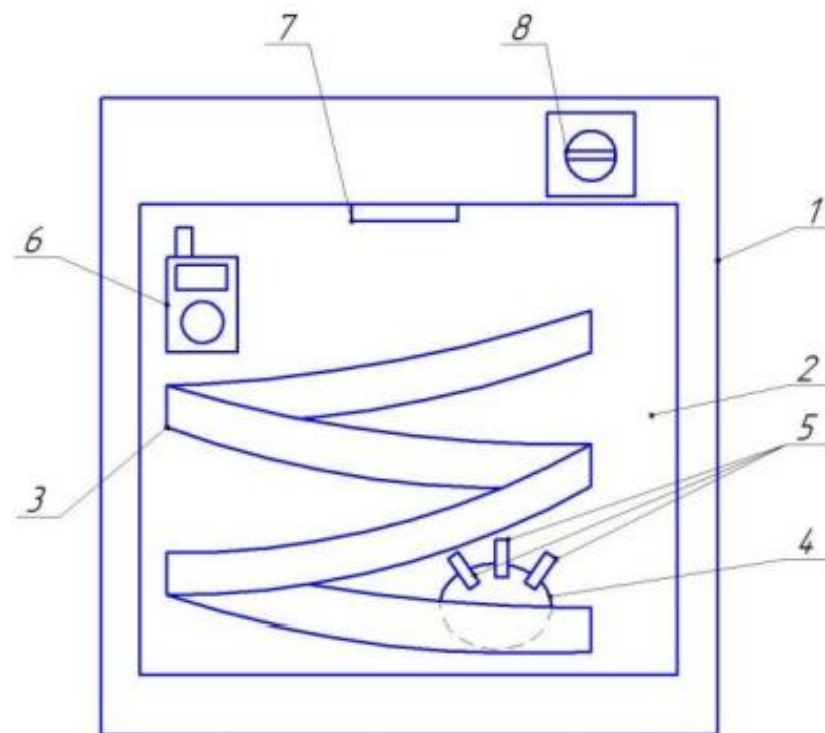
Робоча камера апарату



Робоча камера апарату

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
Робоча камера апарату			Літ.	Арк.
			1	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Додаток В
Холодильна установка для короткочасного заморожування
плодовоовочевої сировини

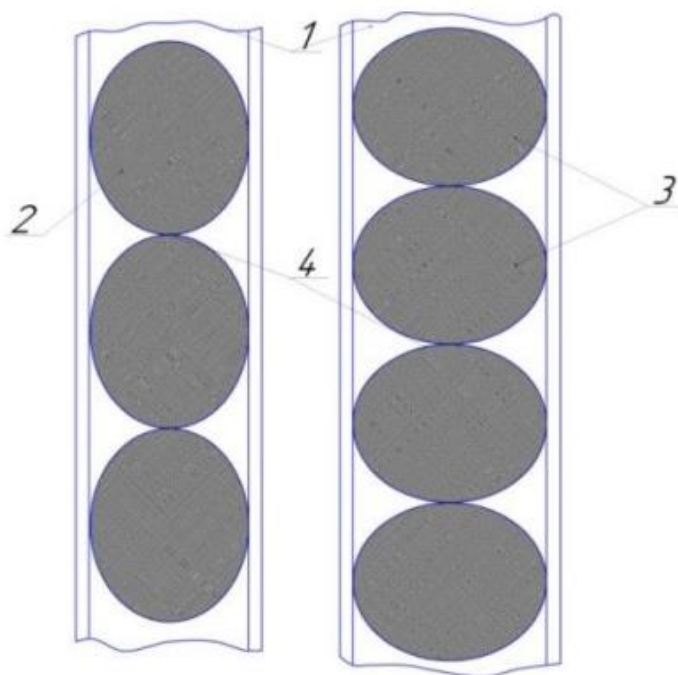


Холодильна установка для короткочасного заморожування
плодовоовочевої сировини

1 – холодильна установка, 2 – камера охолодження, 3 – напрямна гвинтова спіраль, 4 – плід, 5 – температурні датчики, 6 – датчик вологості та температури, 7 – вентилятор, 8 – регулююча панель.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>					Холодильна установка для короткочасного заморожування плодовоовочевої сировини	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>						1	52
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							

Додаток Г
Варіанти розташування плодів на напрямній спіралі
у процесі зберігання



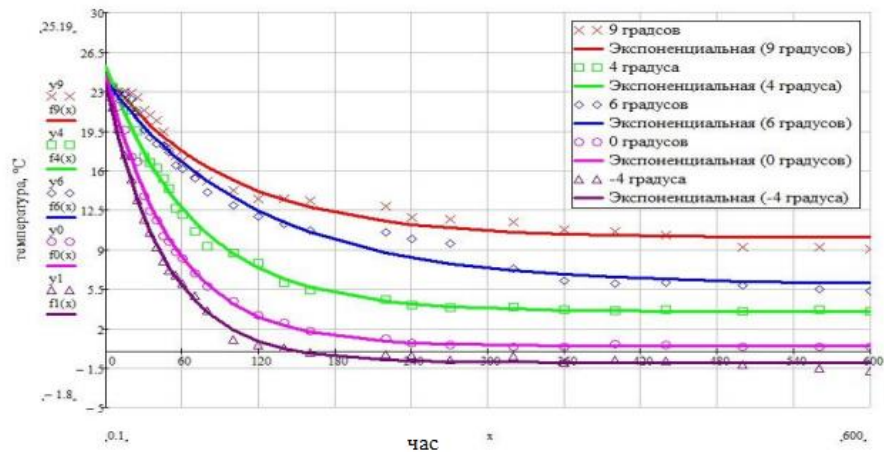
Варіанти розташування плодів на напрямній спіралі у процесі зберігання

1 – напрямна спіраль; 2 – вертикальне розташування плодів; 3 – горизонтальне розташування плодів, 4 – місце деформації поверхні.

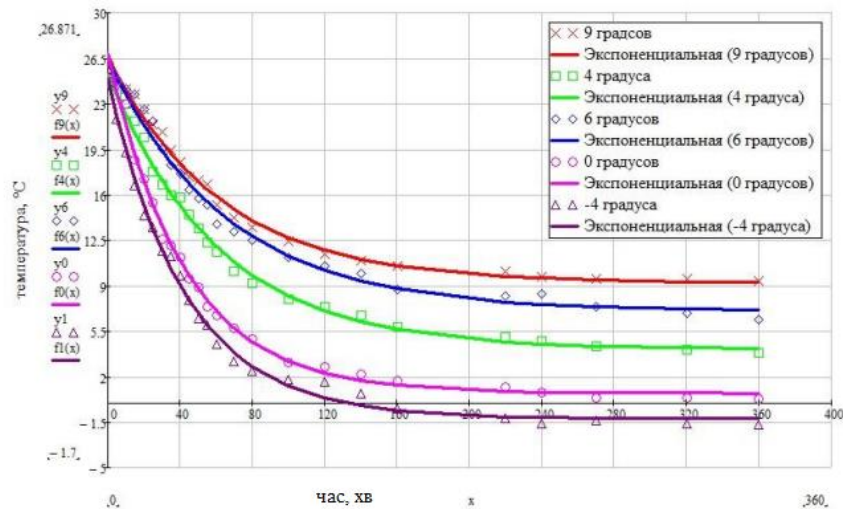
					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>			1	1	52
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>			ДонНУЕТ		
<i>Затверд.</i>		<i>Омельченко</i>			Кафедра ЗІДО		
Варіанти розташування плодів на напрямній спіралі у процесі зберігання							

Додаток Д

Вплив температури навколишнього повітря на час охолодження фруктів та овочів



Вплив часу охолодження плодів лимона у центрі від температури в камері охолодження

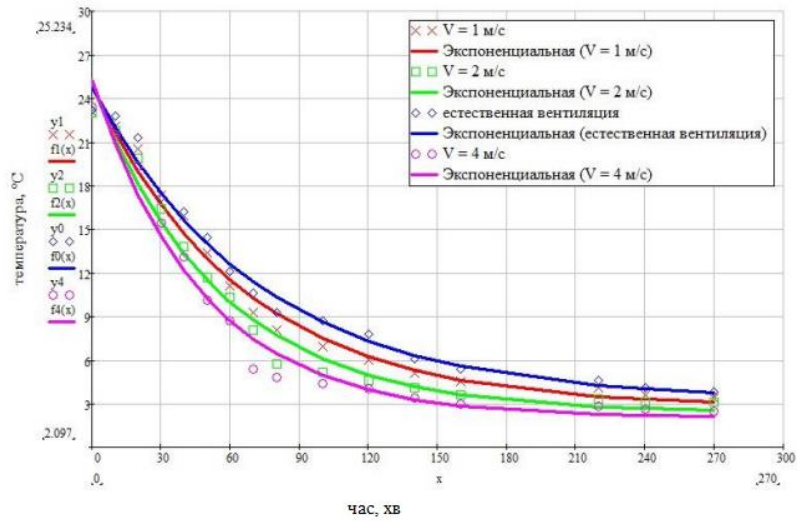


Вплив часу охолодження плодів мандарину в центрі від температури в камері охолодження

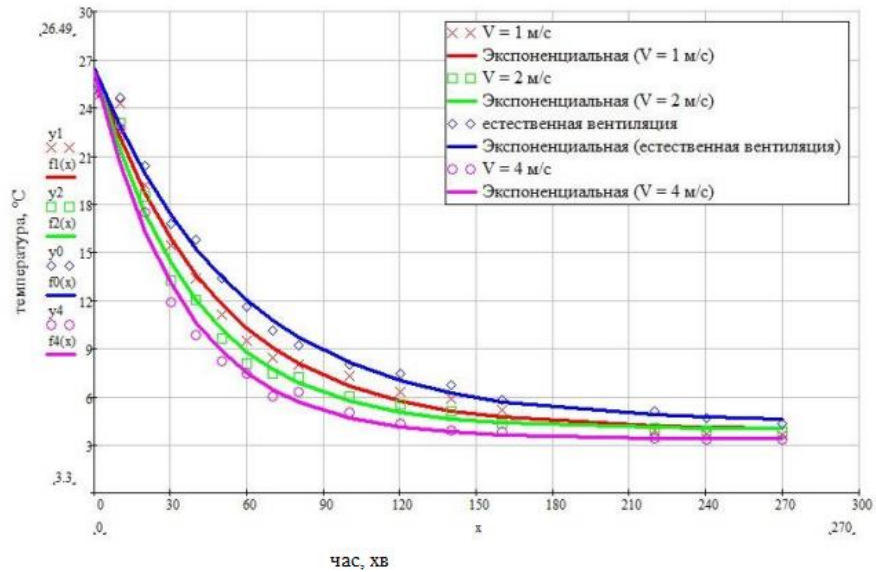
ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
Вплив температури навколишнього повітря на час охолодження фруктів та овочів			Літ.	Арк.
			1	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Додаток Е

Вплив швидкості повітряного потоку на час охолодження фруктів та овочів



Вплив часу охолодження плодів лимона у центрі від швидкості руху повітря в камері охолодження

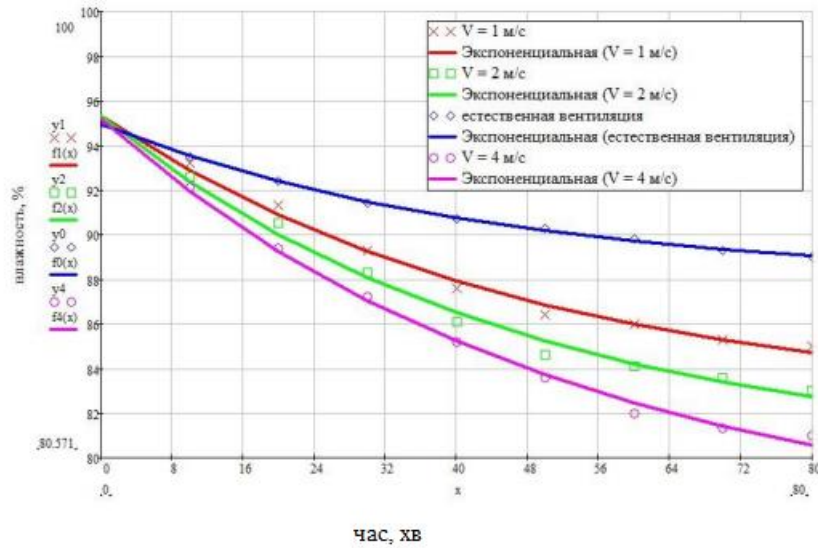


Вплив часу охолодження плодів мандарину у центрі від швидкості руху повітря в камері охолодження

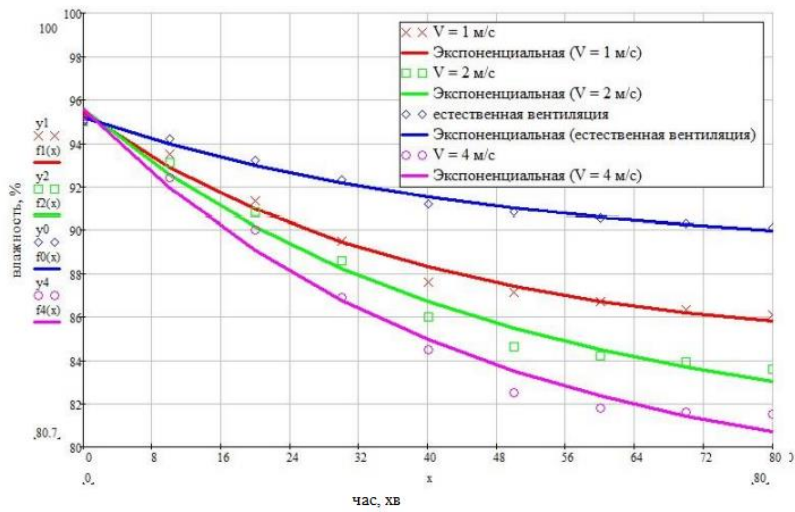
ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
Вплив швидкості повітряного потоку на час охолодження фруктів та овочів			Літ.	Арк.
				1
			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
			Аркушів	52

Додаток Є

Вплив швидкості повітряного потоку на показники відносної вологості повітря при охолодженні фруктів та овочів



Вплив вологості повітря на камері охолодження від швидкості руху повітря при охолодженні плодів лимона

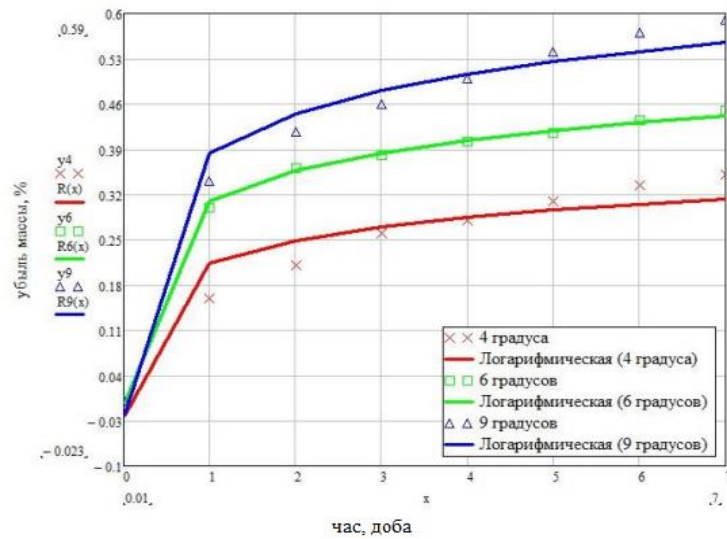


Вплив вологості повітря на камері охолодження від швидкості руху повітря при охолодженні плодів мандарину

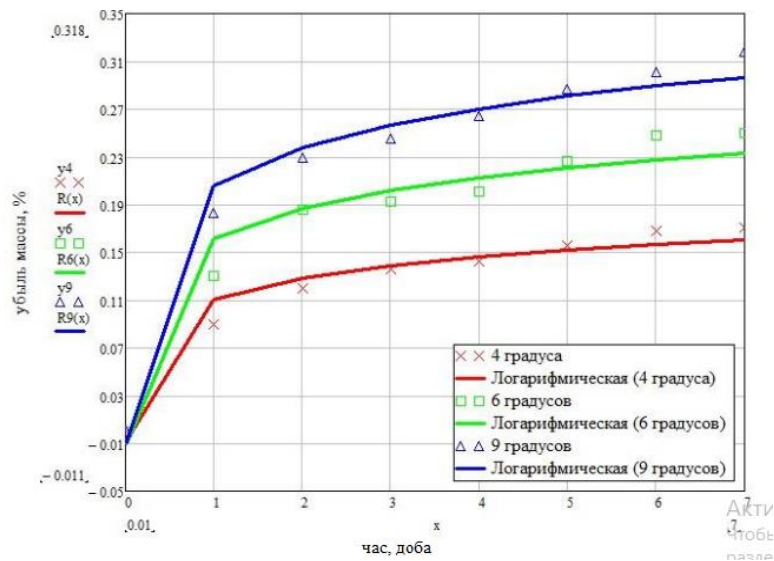
ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
Вплив швидкості повітряного потоку на показники відносної вологості повітря			Літ.	Арк.
			1	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Додаток Ж

Вплив температури в камері на величину втрат при короткочасному зберіганні охолоджених фруктів та овочів



Вплив температури у камері охолодження на втрати вологи при зберіганні плодів лимона



Вплив температури у камері охолодження на втрати вологи при зберіганні плодів мандарину

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18.2022.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.				
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
Вплив температури в камері на величину втрат при короткочасному зберіганні			Літ.	Арк.
			1	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				