

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
«Холодильні машини і установки»
_____Омельченко О.В.
« ____ » _____ 2021 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: **«ВИБІР МЕТОДУ ШВИДКОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ
ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЧАСУ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ»**

Виконав:
здобувач вищої освіти _____ Недільчук Андрій Сергійович _____
_____ (прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник: _____ доцент кафедри, к.пед.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
2021

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 Енергетичне машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Гарант освітньої програми

«Холодильні машини і установки»

Омельченко О.В.

« » 2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Недільчуку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу»

Керівник роботи доцент кафедри, к.пед.н. Цвіркун Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом першого проректора ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського від «01» лютого 2021 р. № 56 с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи «07» червня 2021 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 теплофізичних характеристик овочевих напівфабрикатів.

3. Методи швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів.

3. Охорона праці.

5. Висновки.

6. Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1. Схема холодильного обладнання для заморожування напівфабрикатів.
 2. Схема тунеля з металевими пластинами.
 3. Схема тунеля з металевими ґратами.
 4. Функціональна схема приладу АС-4.
 5. Графік зміни температури в ході заморожування в потоці повітря.
 6. Графік зміни температури в ході заморожування на металевій плиті.
 7. Графік зміни температури в ході заморожування між двома металевими плитами.
 8. Графік зміни температури в ході конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті.
 9. Графік тривалості заморожування.
 10. Графіки зміни температури при заморожуванні плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі -30°C .
 11. Графіки зміни температури при заморожуванні плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі -40°C .

6. Дата видачі завдання «01» лютого 2021 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	01.02.-21.02.2021
2	Аналіз теплофізичних характеристик овочевих напівфабрикатів.	22.02.-21.03.2021
3	Методи швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів.	22.03.-25.04.2021
4	Охорона праці.	26.04.-16.05.2021
5	Висновки по роботі	17.05.-30.05.2021
6	Оформлення роботи і подання до захисту	31.05.-06.06.2021

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Недільчук А.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Цвіркун Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 41 сторінок, в тому числі основного тексту – 52 сторінка. Робота містить: 6 таблиць, 15 рисунків. Список використаних джерел складається з 31 найменування.

Об'єкт роботи – теплофізичні характеристики овочевих напівфабрикатів.

Предмет роботи – швидке заморожування овочевих напівфабрикатів.

Мета роботи – вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу.

У процесі виконання роботи було здійснено вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу. Проаналізовано літературні джерела з теми дослідження, в яких розглядалися властивості плодів і овочів, їх теплофізичні характеристики, закономірності їх зміни в ході заморожування; проведено аналіз існуючих методів заморожування плодоовочевої продукції; вивчено процеси зберігання, утеплення і розморожування овочевих напівфабрикатів.

Підібрані методи заморожування з урахуванням того, що продукт спочатку упаковується в термоусадочну плівку, після цього піддається заморожуванню. Розглянуто холодильне обладнання для заморожування напівфабрикатів, що складається з двох тунелів для заморожування в потоці повітря і для контактного заморожування на металевій плиті. Тунелі встановлювали в морозильну скриню, для визначення і фіксування температури в ході заморожування, використовували термопари, вимірювальний комплекс, комп'ютер.

Як об'єкт дослідження використовували плодоовочеву суміш «Гарнір з гарбузом», упаковану в термоусадочний пакет, доза продукту 400 г. Заморожування проводили в двох температурних режимах: – 40 і – 30 °С. Аналізувалися 4 методи: заморожування в потоці висхідного повітря, заморожування на металевій плиті, заморожування між двома металевими плитами, комбіноване заморожування.

За отриманими даними були побудовані графіки зміни температури в ході заморожування в центрі пакета з продуктом і на поверхні пакета. На основі результатів, було констатовано, що доцільно використовувати комбінований метод, що поєднує конвекційне підморожування в потоці висхідного повітря і контактне доморожування на металевій плиті. Конвекційне заморожування не забезпечує швидкість процесу, заморожування на плиті і між двох плит призводить до примерзання пакета до поверхні і його пошкодженню при відділенні. Комбінований метод дозволяє уникнути примерзання, забезпечує невелику тривалість процесу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: теплофізичні характеристики, овочеві напівфабрикати, швидке заморожування, технологічний процес, методи заморожування, плодоовочева суміш, термопара, холодильна скриня, конвекційне заморожування.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ.....	7
1.1. Властивості та теплофізичні характеристики овочів.....	7
1.2. Обладнання для заморожування овочевих напівфабрикатів.....	13
РОДІЛ 2. МЕТОДИ ШВИДКОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ.....	22
2.1. Режими заморожування напівфабрикатів.....	22
2.2. Прилади і засоби вимірювання.....	23
2.3. Аналіз теплофізичних властивостей плодоовочевої суміші.....	26
2.4. Вибір методів швидкого заморожування напівфабрикатів.....	29
РОДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	34
3.1. Розрахунок природного освітлення.....	34
3.2. Розрахунок штучного освітлення.....	35
3.3. Електробезпека.....	35
3.4. Розрахунок заземлювача.....	37
3.5. Протипожежна безпека.....	38
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40
ДОДАТКИ.....	42

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Недільчук</i>			Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу	<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>						

ВСТУП

Актуальність роботи. В даний час необхідним є створення науково обґрунтованої концепції розвитку холодильної галузі в нашій країні. Для цього потрібна розробка довгострокової науково-технічної програми розвитку холодильної промисловості, об'єднання зусиль виробників і споживачів холоду. Для створення концепції розвитку необхідно вирішити питання, які пов'язані з впровадженням новітніх технологій холодильної обробки і зберігання харчової продукції, розробка цього обладнання і його раціональної експлуатації, застосування холоду на харчових підприємствах переробної промисловості в сфері торгівлі та побути.

Технологічні складові холодильного консервування вимагають наукового обґрунтування методів проведення процесів охолодження, заморожування, розморожування, тривалості обробки, температурно-вологісних режимів при транспортуванні і зберігання харчових продуктів.

Мета та задачі дослідження. Метою бакалаврської роботи є вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу.

Практична та наукова новизна. Підібрані методи заморожування з урахуванням того, що продукт спочатку упаковується в термоусадочну плівку, після цього піддається заморожуванню. Розглянуто холодильне обладнання для заморожування напівфабрикатів, що складається з двох тунелів для заморожування в потоці повітря і для контактного заморожування на металевій плиті. Тунелі встановлювали в морозильну скриню, для визначення і фіксування температури в ході заморожування використовували термопари, вимірвальний комплекс, комп'ютер.

Як об'єкт дослідження використовували плодоовочеву суміш «Гарнір з гарбузом», упаковану в термоусадочний пакет, доза продукту 400 г. Заморожування проводили в двох температурних режимах: – 40 і – 30 °С. Аналізувалися 4 методи: заморожування в потоці висхідного повітря, заморожування на металевій плиті, заморожування між двома металевими плитами, комбіноване заморожування.

За отриманими даними були побудовані графіки зміни температури в ході заморожування в центрі пакета з продуктом і на поверхні пакета. На основі результатів, було констатовано, що доцільно використовувати комбінований метод, що поєднує конвекційне підморожування в потоці висхідного повітря і контактна доморожування на металевій плиті. Конвекційне заморожування не забезпечує швидкість процесу, заморожування на плиті і між двох плит призводить до примерзання пакета до поверхні і його пошкодженню при відділенні. Комбінований метод дозволяє уникнути примерзання, забезпечує невелику тривалість процесу.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Недільчук</i>				Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу	<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 ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОВОЧІВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

1.1 Властивості та теплофізичні характеристики овочів

Головною особливістю овочів є високий вміст води в їх складі, від 80 – 90%, а в деяких видах овочів 93 – 97%. Насиченість тканин і клітин овочів водою впливає на інтенсивність ферментних реакцій і обміну речовин, що приводить до високих витрат пластичного матеріалу на дихання, зростання втрат води за рахунок випаровування, через що скорочується маса продукту і погіршується його якість, збільшується ймовірність механічного пошкодження і створюється середовище для розвитку мікроорганізмів. Коли зовнішній покрив овочів має механічні пошкодження, мікроорганізми легко проникають всередину. Перераховані особливості впливають на технологію зберігання і консервування овочів.

Вода є основним компонентом складу овочів, вона визначає інтенсивність біохімічних процесів і якість продукту. Якість продуктів безпосередньо пов'язано зі станом овочів – високий вміст води в клітинах. Зниження тургору на 5 – 7% веде до втрати одного з найважливіших товарних якостей продукції – соковитість.

Інтенсивність процесів життєдіяльності залежить від кількості води в тканинах продукту. У молодих організмах води більше ніж у старих. Завдяки воді полегшується взаємодія речовин. Вода також є учасником біохімічних реакцій в клітинах, наприклад гідратації і дегідратації, окисленні, гідролізу, біосинтетичних реакціях. Вода має високу рухливість і низьку в'язкість, завдяки чому добре розчиняє багато органічних речовин і неорганічні солі, також вода здійснює переміщення речовини в міжклітинному і міжтканинному просторі.

При охолодженні і при зберіганні овочів вода є стабілізатором фізичних параметрів. Це пов'язано тим, що при заморожуванні теплофізичні характеристики води дуже високі і забезпечують стійкість плодово-овочевої продукції до переохолоджень. Овочі мають властивість – частину енергії дихання використовувати на підтримку необхідної температури.

До складу овочів крім води входить клітинний сік. Він складається з води і розчинених в ній поживних активних речовин, які грають велику роль в харчуванні людини. Це вітаміни, вуглеводи, мінеральні солі, азотисті речовини тощо. Багато видів овочів застосовують в якості дієтичних продуктів, завдяки високій засвоюваності організмом.

Більшу частину води в овочах становить вода клітинного соку, яка має німіцний зв'язок з тканинами овочів і випаровується при сушінні продукту.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Недільчук</i>			Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Цвіркун</i>					15	52
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
<i>Затверд.</i>		<i>Омельченко</i>						

Менша частина води називається «пов'язаною» і видаляється важче, тому що утримується більш міцно рослинними колоїдами. Також в хімічний склад овочів входять сухі речовини і їх вміст 10 – 20%. Сухі речовини бувають розчинні та нерозчинні.

Нерозчинні сухі речовини – протопектин, клітковина, крохмаль, азотисті та мінеральні речовини, полуклітковини, жиророзчинні пігменти, тобто речовини, які становлять механічні елементи тканин і клітинні стінки. Їх вміст в овочах приблизно 2 – 5%, вони впливають на механічну міцність продукту, а іноді і на колір.

Вміст розчинних сухих речовин становить від 5 до 18%, які знаходяться в клітинному соку. Сюди входять кислоти, вуглеводи, азотисті речовини, дубильні та інші фенольні речовини, ферменти, розчинні пектини і вітаміни.

Частка інших речовин в клітинному соку невелика, але значення багатьох з них як в технологічному, так і в харчовому відношенні дуже важлива. Дубильні речовини надають продукту особливий присмак, при їх окисленні утворюються темнозафарбовані речовини, які надають овочам небажаний колір, також вони надають стійкість до фітопатогенних мікроорганізмів. Пектинові речовини впливають на желейні властивості овочів, від них залежить консистенція.

Речовини, що входять до складу овочів мають і лікарську дію. Наприклад, капуста сприяє лікуванню виразкових хвороб, пектинові речовини допомагають при кишкових захворюваннях, деякі продукти корисні при простудних захворюваннях.

Провідне місце в холодильній технології займають теплофізичні процеси, бо основою холодильної технології є регулювання змін властивостей продуктів, які залежать від швидкості обдування продукту, температури, вологості повітря і інших параметрів. Управління цими властивостями впливу є теплофізичним завданням.

Для встановлення раціональних умов в камерах зберігання, які забезпечують мінімальні природні втрати (усушка) і збереження якості, вибирають технічні засоби, необхідні для підтримки в камерах зберігання технологічних параметрів. У самих продуктах при холодильному консервуванні також відбуваються теплофізичні процеси.

Основними теплофізичними характеристиками продуктів є коефіцієнт температуропровідності α , питома ентальпія I , коефіцієнт теплопровідності λ , питома теплоємність. Також до теплофізичних властивостей відноситься температура початку замерзання харчового продукту і теплота дихання продуктів рослинного походження.

Теплофізичні характеристики визначаються природними властивостями продукту (склад, будова) і стану, що залежить від температури. Продукти розрізняються хімічною і фізичною неоднорідністю. Хімічна неоднорідність залежить від складу продуктів, фізична – від стереометричного розподілу окремих частин в продукті і від структури. Під структурою мають на увазі розмір клітин і розподіл газових включень.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Продукти одного товарного найменування можуть мати різні теплофізичні характеристики, які залежать від їх хімічного складу (вмісту жиру, вологи, сухих речовин, білка).

Теплопровідність харчових продуктів λ має відмінності пов'язані з їх фізичною неоднорідністю. Теплопровідність збільшується від більш компактного розташування структурних елементів. Теплопровідність повітря в 23 рази менше теплопровідності води, тому різні включення, повітряні утворювання і прошарки знижують теплопровідність продукту.

При виробництві стандартної продукції теплофізичні характеристики продуктів не будуть однаковими через різні властивості вихідних компонентів. На теплопровідність впливає і льодоутворення при заморожуванні, що призводить до сильних структурних змін в продукті. Льодоутворення призводить до механічних пошкоджень клітин в продукті.

При заморожуванні продуктів змінюється структура, яка залежить від умов проведення процесу. Відбувається розрив і здавлювання клітин, змінюється щільність елементів, денатурація білка, проколювання кристалами льоду. Структура сформованих кристалів льоду і кількість повітряних прошарків впливають на теплопровідність продукту. Кристали льоду при утворенні захватують повітря, таким чином, утворюючи нові повітряні прошарки.

У камери холодильної обробки надходять харчові продукти, теплофізичні характеристики яких різні, тому при виконанні теплових розрахунків використовують середні значення теплофізичних характеристик для різних видів продуктів. При позитивних температурах теплофізичні характеристики змінюються не сильно, тому їх приймають постійними. Коли температура продукту знижується нижче $t_{кр}$ залежність теплофізичних характеристик від температури змінюється. Великі їх зміни відбуваються при льодоутворенні, це пов'язано з різницею властивостей льоду і води і тепловими ефектами, які відбуваються під час цього процесу.

Щільність характеризується як відношення маси продукту до його об'єму. Щільність продуктів при заморожуванні зменшується на 5 – 8%, бо вода в продукті при перетворенні в лід, збільшується в об'ємі, маса при цьому не змінюється. Маса продукту зменшується при випаровуванні вологи (усушка), трохи зменшується і щільність. У холодильній технології зміну щільності при льодоутворенні не враховують. У штабелі вантажу є вільний простір, заповнений повітрям, яке необхідно при зберіганні овочів, для того, що-б підтримувати необхідні технологічні параметри в самому насипу.

Питома теплоємністю називається величина яка дорівнює кількості теплоти і яку необхідно відвести (підвести) для охолодження (нагрівання) одного кг продукту на $1^{\circ}C$. Питома теплоємність води в порівнянні з іншими речовинами досить висока. Так як більшість продуктів складається з води, розморожування та заморожування харчових продуктів внаслідок високих значень теплоємності, вимагає значних енергетичних витрат. При заморожуванні продуктів, причиною зміни теплоємності, є відмінності теплоємності води і льоду.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплопровідність – це вид передачі тепла, має атомно-молекулярний характер. Цей процес характеризується виникненням різниці температур між різними ділянками продукту. Перенесення теплоти відбувається без макроскопічних рухів в продукті.

Коефіцієнт теплопровідності – це кількість теплоти q , яка перенесена через одиницю площі поверхні продукту в одиницю часу T при градієнті температури рівній одиниці:

$$\lambda = q / | \text{grad}T | \quad (1.1)$$

Зі зниженням температури теплопровідність продуктів практично не змінюється до початку процесу замерзання, так як теплопровідність льоду вище в 4 рази теплопровідності води, то при замерзанні продукту теплопровідність збільшується.

Коефіцієнт температуропровідності a ($\text{м}^2/\text{с}$) - це властивість продуктів охолоджуватися або нагріватися, при цьому діють механізми накопичення і переносу тепла. Температурний фронт в продукті переміщується, швидкість переміщення характеризується коефіцієнтом температуропровідності. Коефіцієнт температуропровідності продуктів при позитивних температурах практично незмінний, але з початком льодоутворення температуропровідність різко зменшується. Це пов'язано з виділенням теплоти кристалізації, зменшується теплоємність і зростає теплопровідність.

Постійного значення температуропровідність досягає, коли вода повністю перетворюється в лід. Коефіцієнт температуропровідності визначається за формулою:

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (1.2)$$

де c – питома теплоємність матеріалу, Дж / (кг·К);
 ρ – щільність матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Ентальпія – тепловміст або тепла функція, однозначна функція стану термодинамічної системи. Зміна ентальпії продуктів в холодильній технології використовується для визначення відведеної (або підведеної) теплоти під час холодильної обробки.

Розглянемо електричні властивості харчових продуктів. Волога в харчових продуктах містить велику кількість іонів, тобто є провідником II роду. Якщо існує зовнішнє електричне поле напруженістю E , позитивні заряди рухаються в бік напруженості поля, а негативні в протилежну сторону. Згідно із законом Ома електричний опір визначається як відношення напруги до сили струму, тобто залежить від температури і вологовмісту.

Лід є ізолятором, тому рух зарядів в ньому практично відсутній. Опір матеріалу має великі значення, якщо вода повністю перетворилася в лід.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

У свіжих плодах і овочах є електричний опір. Під час зберігання проникність клітин збільшується, волога проникає в міжклітинний простір, опір різко падає, через значне збільшення вільних носіїв струму. Плоди та овочі ще придатні для вживання, але подальше їх зберігання призводить до псування.

Розглянемо процес заморожування харчових продуктів.

Заморожування продукту починається з контакту з холодоносієм, який буває твердим (пластина теплообмінника з температурою від -30 до -40 °C), рідким, занурення продукту в криогенну рідину або в охолоджуючу суміш (рідкий азот), газоподібним (струмінь повітря, газоподібний азот). Площа продукту охолоджується швидше, ніж його центр, так як теплоперенесення з внутрішньої частини продукту до його поверхні залежить від теплопровідності продукту.

Типовий графік зміни температури продукту в ході заморожування показаний на рисунку 1.1.

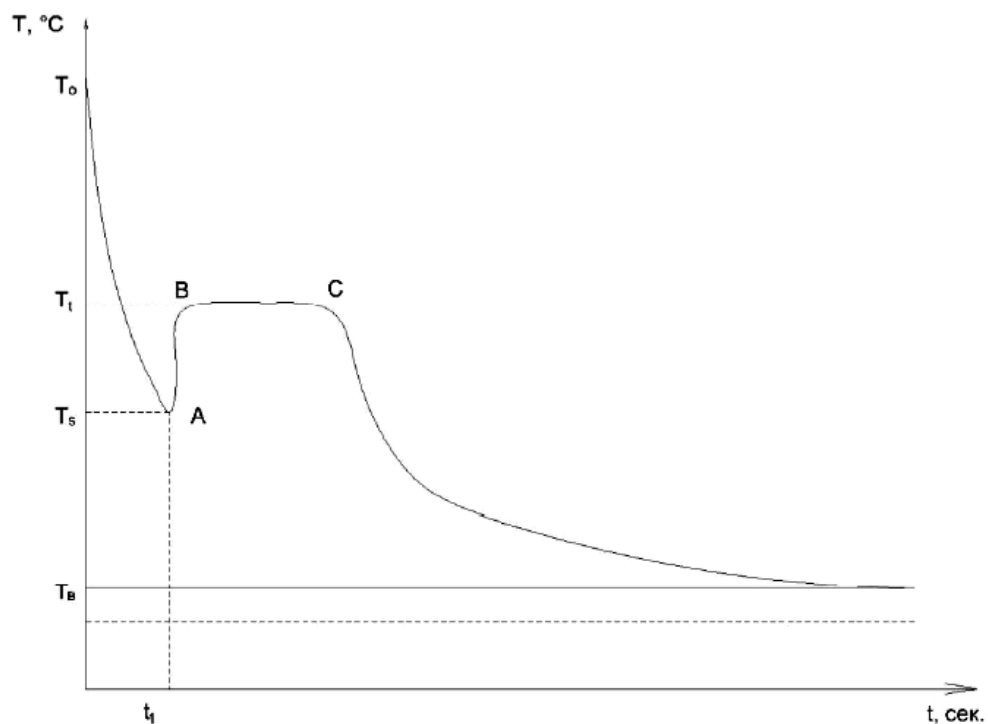


Рисунок 1.1 – Графік зміни температури в харчовому продукті в ході заморожування: T_0 – початкова температура заморожування; T_f – температура, до якої продукт піддається переохолодженню; T_s – температура заморожування; T_b – рівноважна температура

Температура на поверхні харчового продукту перед різким стрибком майже до початкової температури заморожування T_f може свідчити про переохолодження (точка A (t_1, T_s)), після чого досягається температурне плато (пласка ділянку кривої між точками B і C), так як з харчового продукту починається перенесення прихованої теплоти замерзання води.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Перші кристали створюються між точками А і В, а потім вони формуються весь час до досягнення кінцевої температури T_i , коли температура продукту вирівнюється з температурою холодоагенту. Після цього збільшення кількості льоду не відбувається, за винятком повільного їх росту.

Рідина називається переохолодженою, коли її температура нижче початкової точки замерзання. Такий стан рідини називається метастабільним і може перебувати в такому стані тривалий час до початку нукліації (зародження) першого кристала льоду. Після чого кристали льоду починають швидко рости і поширюватися по всьому об'єму рідини. Чиста вода без домішок і частинок пилу може залишатися переохолодженою до температури -40°C , тому що домішки діють як центри нукліації.

При більш низьких температурах вода замерзає внаслідок гомогенного витворення і зростання льоду. У харчових продуктах ступінь переохолодження менше в результаті гетерогенного льодоутворення. У природі переохолодження є одним з важливих механізмів, завдяки чому тварини і рослини переносять негативні температури з мінімальним пошкодженням тканин через утворення кристалів льоду.

Кристали льоду утворюються у вигляді ядер (зародків) критичного розміру, потім вони збільшуються (ростуть). Критичний розмір – це розмір при якому ядра в результаті збільшення обсягу призводять до зменшення площинної енергії σ і збільшення вільної енергії Гіббса γ .

Нукліація може бути гетерогенною і гомогенною. Гомогенна нукліація відбувається тільки у вільних від зважених часток рідинах в результаті випадкових коливань молекул (випадкові кластери молекул миттєво приймають конфігурацію льоду і виконують функцію зародків).

У твердих харчових продуктах центром зародкаутворення служить поверхня клітин, тут нуклеація має гетерогенний характер. Імовірність нуклеації зростає, якщо молекулярна структура поверхні має схожість зі структурою льоду, тобто має розмір кристалічної решітки льоду і діє як шаблон.

Чиста вода замерзає при температурі 0°C , водні розчини (в харчових продуктах – розчини солі) мають більш низьку точку замерзання. Лід спочатку утворюється в позаклітинній області при зниженні температури нижче T_f , потім змінюється фазовий стан внутрішньоклітинного простору. Пояснюється це тим, що клітинна мембрана перешкоджає проникненню льоду з міжклітинного простору всередину клітини, що сприяє переохолодженню внутріклітинної області до температури -8°C .

Від швидкості заморожування залежить тип, розмір і розподіл утвореного льоду, який може бути поза і внутрішньоклітинним, деревовидним і сферолітовим льодом. При повільному заморожуванні утворюються крупні кристали льоду, а при швидкому дрібні кристали льоду.

При повільному заморожуванні на поверхні заморожуемого продукту може відбуватися підсушування, що приводить до коагуляції білків і втрати ними здатності адсорбувати воду при розморожуванні.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Крім того, великі кристали льоду, що утворилися при повільному заморожуванні, механічно порушують тканини і клітини продукту. Розмір кристалів збільшується в напрямку до центру продукту.

У швидкозаморожених продуктах утворюються дрібні кристали льоду, але з часом вони стають більшими в результаті рекристалізації або дозріванням Оствальда. Рекристалізація посилюється під час заморожування або розморожування продуктів, температурні коливання протягом тривалого зберігання, при транспортуванні і зберіганні в побутових холодильниках. Рекристалізація відбувається внаслідок того, що більші кристали термодинамічно більш стабільні завдяки відносній невеликій поверхневій енергії.

Процес заморожування розділяється на три етапи: на першому етапі проходить охолодження продукту до точки замерзання, на другому етапі вода перетворюється в лід, на третьому етапі, після перетворення більшої частини води в лід, проходить зниження температури заморожуємого продукту.

Якщо зниження температури до точки замерзання відбувається швидко, то в фазі кристалізації при такій же швидкості відводу теплоти зниження температури виявляється невеликим – доводиться відводити більшу кількість теплоти, тобто теплота фазового перетворення більше величини питомої теплоємності. Після завершення фазового перетворення швидкість зниження температури знову зростає. Тривалість циклу залежить від способів заморожування. Температурний інтервал, при якому велика частина води перетворюється на лід, називається зоною максимального утворення кристалів. Для багатьох харчових продуктів вона лежить в області від $-0,5$ до -6 °С.

У процесі кристалізації води, знижується точка замерзання і швидкість заморожування знижується. Час проходження зони максимальної кристалізації має бути мінімальним. Тому необхідний швидкий відвід теплоти, який виділяється при фазовому переході.

1.2 Обладнання для заморожування овочевих напівфабрикатів

Для заморожування овочевих напівфабрикатів використовується наступне обладнання: холодильна скриня; тунель з сітчастою металевією підкладкою, тунель з металевими плитами; прилади та засоби вимірювання температури.

Для конвекційного способу заморозки було проаналізовано тунель з сітчастою металевією підкладкою. Знизу металевією підкладки був встановлений вентилятор для обдування продукту. Розміри осередків сітки 13×13 мм.

Для контактного заморожування було проаналізовано тунель з встановленими в ньому металевими плитами. З торця тунелю встановлений вентилятор для обдування продукту і плит. Розміри металевих плит 10×15 мм.

Вентилятори створюють потік холодного повітря, який рухається зі швидкістю 1,5 м/с. На поверхню і в центр продукту встановлюються термометри, які з'єднуються з приладами і засобами вимірювання температури (рисунок 1.2).

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

На рисунку позначено: 1 – внутрішня камера; 2 – кришка холодильної скрині; 3 – конденсатор; 4 – випарник; 5 – ізоляційний шар; 6 – компресор; 7 – колісна опора; 8 – корпус; 9 – тунель з металевими плитами; 10 – тунель з металевими ґратами.

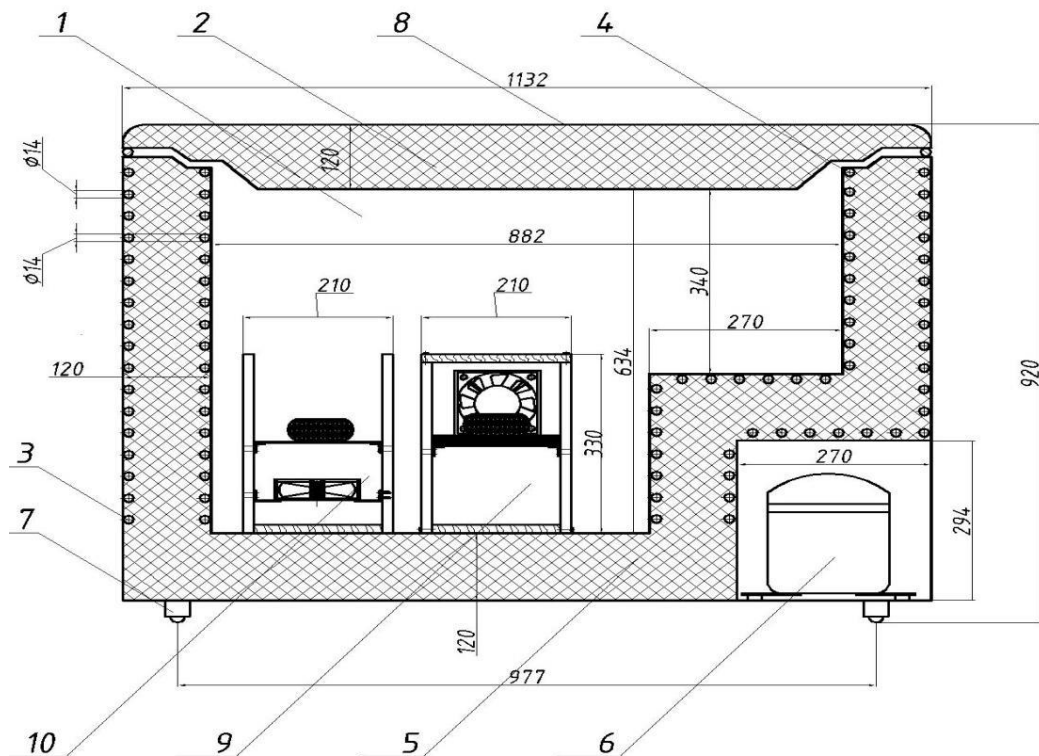


Рисунок 1.2 – Холодильне обладнання для заморожування напівфабрикатів

Морозильна скриня Liebherr LGT 2325 Mediline зображена на рис. 1.3, яка призначена для зберігання при низьких температурах різних речовин. У компактного морозильника статична система охолодження з рівномірною і заданою температурою з точністю до 0,1 °C. Температуру підтримує контролер Comfort. При підвищенні температури і збої електроенергії спрацьовує аудіо-візуальна сигналізація.

За допомогою вбудованих безпотенційних контактів можна вивести подачу аварійних сигналів на зовнішню сигналізацію. Дані про роботу пристрою можуть передаватися на комп'ютер, для цього є інтерфейс RS 485. Є зовнішній дисплей, на який виводиться внутрішня температура та інші показники роботи скрині. Морозильна скриня Liebherr LGT 2325 – з ручною відтайкою, але завдяки системі Stop-Frost на ньому утворюється менше криги і його потрібно менше розморожувати. Кришка відкривається і закривається без зусиль. Корпус скрині виготовлений зі сталі, матеріал внутрішньої поверхні алюміній з білим покриттям. Кришка виконана з цілісного листа, що збільшує її міцність і полегшує очистку.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

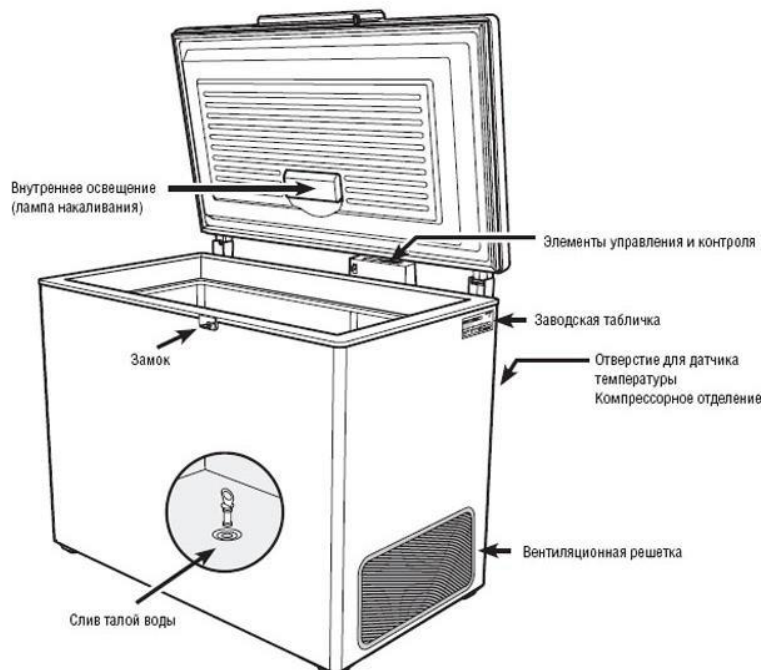


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд морозильної скрині

Петлі зносостійкі та витримують мінімум 300 тис. відкривань. Є вбудований замок і ручка з алюмінієвого профілю. На кришці є підсвітка, що полегшує пошук потрібного предмета в скрині і зменшує час його перебування відкритим. Є система противаги, при відкриванні кришки скрині більш ніж на 45 градусів вона не буде прагнути зачинитися. Технічні характеристики морозильної скрині представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики морозильної скрині Liebherr LGT 2325 Mediline

Параметр	Значення
Загальний об'єм	215 літрів
Можливість вбудовування	відсутня
Габарити (Ш×Г×В), мм	1132/760/919
Внутрішні розміри (Ш×Г×В), мм	889/410/630
Корисний об'єм, л	200
Тип кришки	Кришка сталева, глуха
Добове енергоспоживання, кВтг	2,3
Діапазон внутрішніх температур	-10°C ... -45° C
Матеріал/колір корпусу	Сталь/біла
Матеріал внутрішнього облицювання	Алюміній
Товщина ізоляції корпус/кришка, мм	120
Кліматичний клас	SN
Холодоагент	R 290
Рівень шуму щодо 1 пВт	55 dB (A)
Напруга живлення/частот	220-240 В / 2 А

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ

Арк.

15

Тунель з металевими пластинами виготовлений з чотирьох дошок. Дві дошки розмірами 210×210 мм є кришкою і дном тунелю, інші дві розміром 330×210 мм стінками тунелю. З'єднані дошки гвинтами. До внутрішніх сторін стінки гвинтами прикрутили металеві куточки, які є опорою для металевих пластин. Металеві пластини встановлені на висоті 160 мм від днища тунелю. З торця тунелю встановили вентилятор, який кріпиться до пластин за допомогою болтів М5, пластини кріпляться до стінок і кришки тунелю за допомогою гвинтів. Тунель з металевими пластинами показаний на рис. 1.4. Тунель з металевими ґратами виготовлений з трьох дошок. Дві дошки розмірами 330×210 мм і одна дошка розміром 210×210 мм дно тунелю.

Між собою вони з'єднуються гвинтами. До внутрішньої сторони стінок тунелю прикрутили вісім металевих куточків, які є опорою для металеві решітки і вентилятора. Решітка встановлюється на висоті 166 мм від днища тунелю, а вентилятор встановлюється нижче на висоті 59 мм. Тунель з металевими ґратами показаний на рис. 1.5.

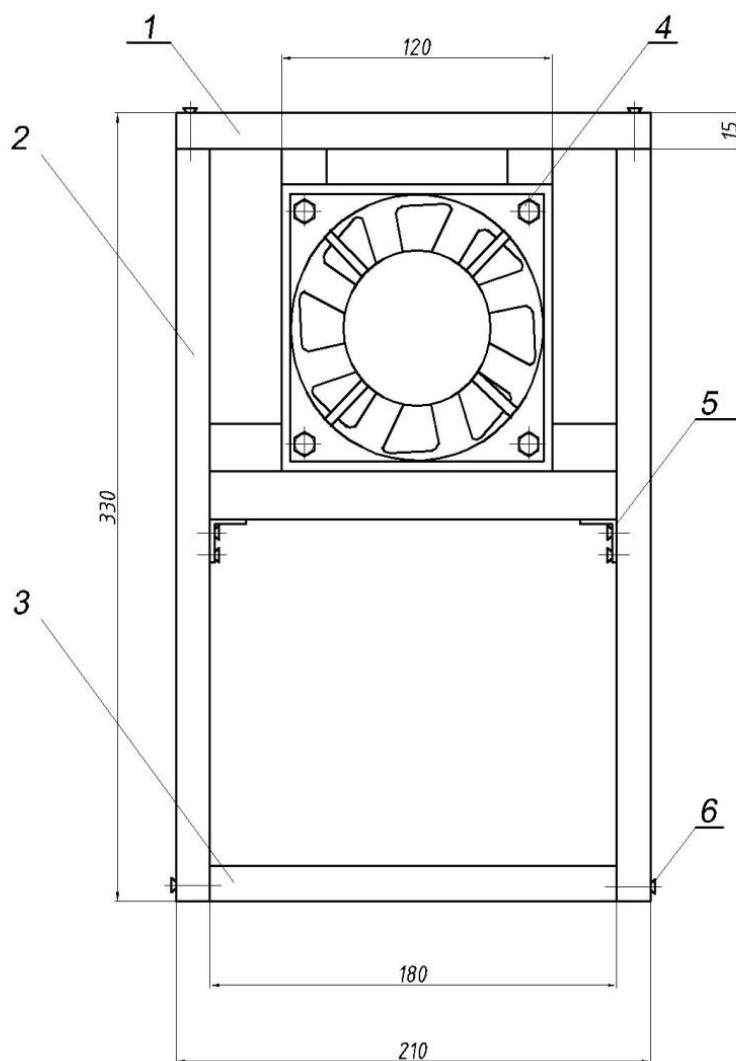


Рисунок 1.4 – Тунель з металевими пластинами

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

На рис. позначено: 1 – кришка; 2 – стінка; 3 – дно; 4 – вентилятор; 5 – металевий куточок; 6 – гвинти.

Вимірювальний комплекс складається з чотирьох хромель-копелевих термопар, модуля введення аналоговий вимірювальний МВА 8, перетворювача інтерфейсів АС4 і персонального комп'ютера.

Вимірювання параметрів, що характеризують властивості холодильного обладнання, дозволяє визначити стабільність показників якості в процесі випуску і тим самим здійснити об'єктивний контроль за станом технічного рівня і якості холодильної техніки.

Достовірність отриманих даних залежить від точності вимірювань, які визначається низкою умов і які забезпечуються при проведенні вимірювань, а саме точності вимірювальних приладів, дотримання правил установки датчиків, конструкції випробувального стенду тощо.

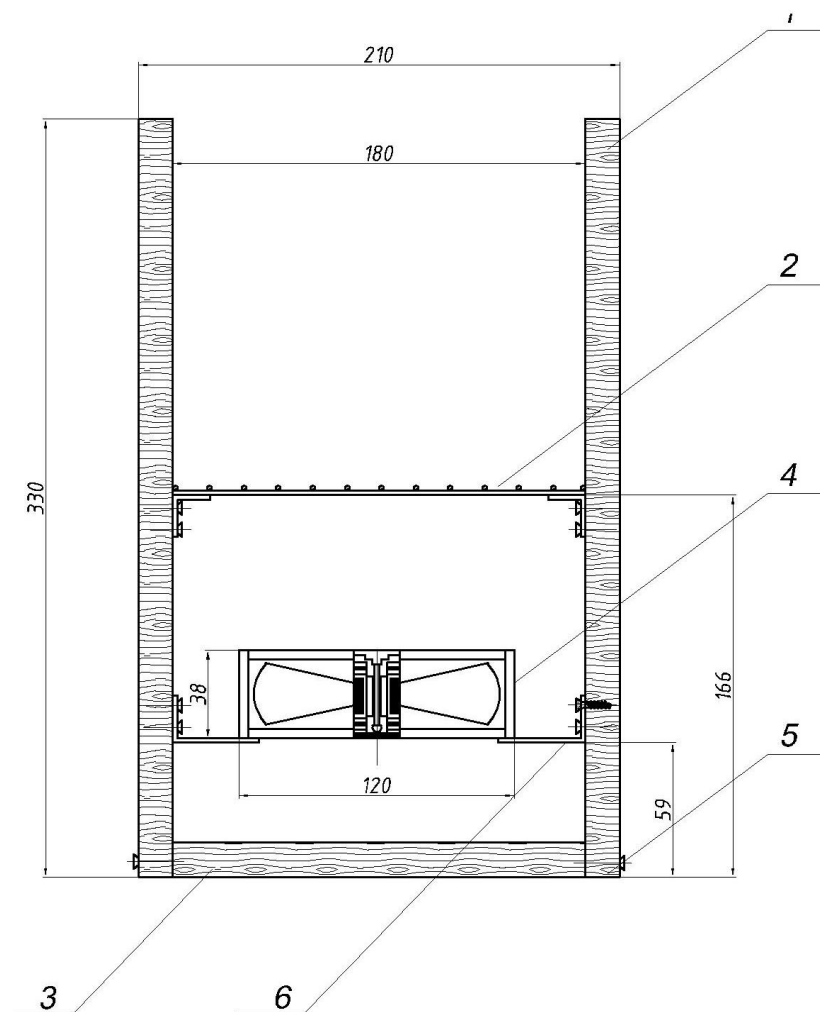


Рисунок 1.5 – Тунель з металевими ґратами

На рис. позначено: 1 – стінка; 2 – металева решітка; 3 – дно; 4 – вентилятор; 5 – гвинти; 6 – металеві куточки.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Одним з основних параметрів, що характеризують тепловий стан системи, є температура. У холодильній техніці знаходить застосування контактний вимір температури тіла, який заснований на теплообміні між ним і чутливим елементом вимірювального приладу і подальшому перетворенні температури чутливого елемента в інші величини, зручні для сприйняття. У практиці чутливий елемент може виявитися під впливом сторонніх теплових потоків, які призводять до відхилення його температури від температури вимірюваного тіла, і як наслідок, до похибок через виміри. Одна з основних вимог до методів вимірювання температури – це забезпечення найменшого термічного опору між чутливим елементом приладу і вимірюваним тілом і ізоляція чутливого елемента від сторонніх теплових потоків.

Термопары перетворюють температуру в рушійну силу (термо-ЕДС), дія засноване на явищі Зеєбека, тобто на генерації термо-ЕДС в місці з'єднання двох різних провідників. Хромель-копелеві термопары можуть використовуватися в області температур від мінус 50 °С до 600 °С. Вони мають переваги: найвища чутливість в порівнянні з іншими типами термопар. Недоліки – це погана відтворюваність функції перетворення різними партіями термоелектродних проводів, а також наявність неоднорідного матеріалу, особливо хромелю, які призводять до виникнення паразитних термо-ЕДС.

Також термоелектродні дроти хромель і копель дуже чутливі до механічних пошкоджень, які призводять до додаткових неоднорідностей. Допустиме відхилення термо-ЕДС хромель-копелевих термопар промислового виготовлення від градувальних характеристик в робочій області температур складає більше 2 °С. Термопары, використовуються у вимірювальному комплексі.

Модуль введення аналоговий вимірювальний МВА8 призначений для побудови автоматичних систем контролю і регулювання виробничих технологічних процесів в різних галузях промисловості, сільському, комунальному та інших галузях народного господарства.

Прилад виконує наступні основні функції:

- вимір фізичних параметрів об'єкта, контрольованих вхідними первинними перетворювачами;
- цифрову фільтрацію вимірюваних параметрів від промислових імпульсних перешкод;
- корекцію вимірюваних параметрів для усунення похибок первинного перетворювача;
- формування аварійного сигналу при виявленні несправності первинних перетворювачів;
- передачу комп'ютеру інформації про значення вимірюваних датчиками величин або значеннях, отриманих після перетворення цих величин;
- зміна значень його програмованих параметрів за допомогою програми конфігурації;
- збереження заданих програмованих параметрів в енергонезалежній пам'яті при відключенні напруги живлення МВА8;

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– зняття показань датчиків положення (резистивного і токового типу) і контактних дискретних датчиків.

Сигнал з датчика, що вимірює фізичний параметр об'єкта (температуру, тиск), надходить в прилад в результаті послідовного опитування датчиків приладу. Отримані сигнали за даними НСХ перетворюються в цифрові. В процесі обробки сигналів відбувається їх фільтрація від перешкод і корекція показань відповідно до заданих користувачем параметрів. Опитування датчиків і їх обробка відбувається послідовно по замкнутому циклу. Включення датчиків в список опитування відбувається автоматично, після завдання типу їх НСХ. Для кожного входу задається період опитування. Період опитування встановлюється в інтервалі від 0,3 с до 30 с.

Основні технічні характеристики МВА8 наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 1.2 – Основні технічні характеристики

Найменування	Значення
Діапазон змінної напруги живлення частотою 43 ... 63 Гц	90...245 В
споживана потужність	не більше 6 ВА
Кількість вимірювальних каналів	8
Час опитування одного каналу	не більше 0,4 с
Напруга джерела живлення активних датчиків	24 ± 3 В постійного струму (180 мА макс.)
Інтерфейс зв'язку з комп'ютером	RS – 485
Протокол зв'язку, який використовується для передачі інформації про результати через виміри	Овен; ModBus-RTU; ModBus-ASCII; DCON
Ступінь захисту корпусу	IP20
Габаритні розміри приладу	157×86×57мм
маса приладу	Не більше 0,5 кг
Середній термін служби	8 років

З'єднання приладу з термоелектричними перетворювачами здійснюється безпосередньо (при достатній довжині термопар) або за допомогою подовжених компенсаційних проводів, марка яких повинна відповідати марці використовуваних термопар. При підключенні компенсаційного дроту, до входних контактів приладу, слід дотримуватись полярності. Довжина лінії зв'язку повинна бути не більше 20 м.

При проектуванні промислових систем автоматизації широке поширення отримали інформаційні мережі, які засновані на інтерфейс стандарті EIA RS-485. Він передбачає передачу даних по двом лініям (А і В) за допомогою «симетричного» (диференціального) сигналу і використання додаткової лінії для вирівнювання потенціалів пристроїв заземлення, об'єднаних в мережу стандарту RS-485. Логічний рівень сигналу визначається різницею напруг на лініях (А і в).

Стандарт USB розроблений як альтернатива більш «повільним» комп'ютерним стандартам RS-232 і LPT. В даний час пристрої з інтерфейсом USB 2.0 дозволяють передавати дані зі швидкістю до 480 Мбіт/с.

Інтерфейс USB, як і RS-485, є симетричним і дозволяє передавати дані по двох проводах (D + і D-), при цьому логічні рівні аналогічні відповідним рівням стандарту RS-485. Крім інформаційних ліній D + і D – інтерфейс передбачає наявність ліній живлення Vcc і GND для живлення підключеного пристрою (за умови, що споживаний ними струм не перевищує 500 мА).

Прилад АС-4 призначений для взаємного електричного перетворення сигналів інтерфейсів USB і RS-485 із забезпеченням гальванічної ізоляції входів між собою.

Прилад автоматично визначає напрямок передачі даних, що дозволяє виключити необхідність в додатковому управлінні обміном даними і значно знизити часові інтервали (тайм-аути) між кадрами даних. Прилад дозволяє підключати до промислової мережі RS-485 персональний комп'ютер, який має USB-порт, при цьому живлення приладу здійснюється від шини USB.

Таблиця 2.3 – Основні технічні характеристики приладу АС-4

Найменування	Значення
Живлення	
Постійна напруга (на шині USB)	4,75...5,25
Споживана потужність	не більше 0,5 ВА
Допустима напруга гальванічної ізоляції входів	не менше 1500 В
Інтерфейс USB	
Стандарт інтерфейсу	USB 2.0
Довжина лінії зв'язку із зовнішнім пристроєм	не більше 3 м
Швидкість обміну даними	до 115200 біт/с
Використовувані лінії передачі даних	D+, D-
Інтерфейс RS-485	
Стандарт інтерфейсу	TIA/EIA-485
Довжина лінії зв'язку із зовнішнім пристроєм	не більше 1200 м
Кількість приладів в мережі	не більше 32
Використовувані лінії передачі даних	A(D+), B(D-)
Корпус	
Габаритні розміри	36×93×57 мм
Ступінь захисту	IP20
Кріплення	на DIN-рейку
Маса	65 г

При підключенні приладу до ПК в останньому з'являється віртуальний COM-порт, що дозволяє без додаткової адаптації використовувати інформаційні системи (SCADA, конфігуратор), що працюють з апаратним COM-портом. У таблиці 1.3 наведені основні технічні параметри приладу АС-4.

Функціональна схема приладу приведена на рис. 1.6. Прилад складається з наступних функціональних блоків:

- драйвера USB, призначеного для перетворення електричних сигналів інтерфейсу USB в сигнали ТТЛ-логіки і назад;
- драйвера RS-485, необхідного для перетворення електричних сигналів інтерфейсу RS-485 в сигнали ТТЛ-логіки і назад, а також для вибору напрямлення передачі даних, оскільки двопровідний інтерфейс RS-485 в один момент часу може або передавати, або приймати дані;
- блоку управління, призначеного для визначення напрямку передачі пакета даних та відповідного перемикавання драйвера RS-485 на прийом або передачу, а також фільтрації електричних сигналів;
- для гальванічної ізоляції блоків призначений трансформаторний перетворювач Т1;
- для живлення гальванічно ізольованих частин приладу призначений DC / DC перетворювач;
- для вибору номіналу кінцевого узгоджувального резистора R_{sp} призначені DIP перемикач S1 і резистори R1 і R2.

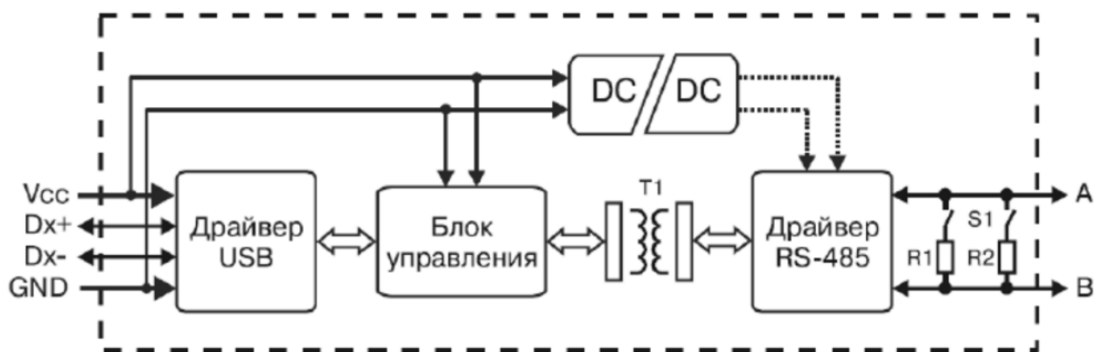


Рисунок 1.6 – Функціональна схема приладу АС-4

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ШВИДКОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ОВОЧЕВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

2.1 Режими заморожування напівфабрикатів

У якості компонентів досліджуваної плодоовочевої суміші були обрані овочі і плоди, які зростають в Україні. Рецептuru досліджуваної плодоовочевої суміші показана в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Рецептuru овочевого гарніру з гарбузом

Овочі	Розрахункова норма закладки, кг/т
Картопля	250
Морква	210
Перець	230
Гарбуз	250
Цибуля	50
Часник	5
Зелень (укріп)	5

Перед приготуванням суміші овочевого напівфабрикату овочі і плоди проходять такі операції: сортування, миття та очищення, різання і бланшування. При сортуванні овочі розподіляють по сорту, міцності та розміру. Розсортовані овочі легше очищаються і вони дають менше відходів.

Після сортування овочі миють і очищають. Картопля і коренеплоди миються вручну, кожна бульба окремо. Зелень очищається від коренів і ушкодженого листя і промивається у великій кількості води, злегка перемішується. Вимиті овочі відціднують на ситі або в невеликих ящиках.

Вимиті овочі нарізають вручну. Картоплю нарізають кубиками 2 × 2 см, моркву соломкою, цибулю нарізають півкільцями, часник маленькими шматочками, гарбуз смужками 3 × 2 см, болгарський перець скибочками.

В процесі бланшування овочі занурюються в киплячу воду на 2 хв. Після бланшування овочі охолоджуються зануренням в холодну воду на 4 хв. Далі овочі перемішуються і упаковуються в термоусадочний пакет по 400 грам. Розмір упаковки 100 × 150 мм, товщина пакета 25 мм.

Для заморожування овочевих напівфабрикатів було обрано такі режими:

1. Конвекційне заморожування в потоці висхідного повітря.

На сітчасту металеву підкладку укладається продукт. Знизу підкладки розташовується вентилятор, який створює потік повітря і він рухається вгору зі швидкістю 1,5 м/с.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Недільчук				Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун					12	52	
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.	Омельченко							

2. Контактне заморожування на металевій плиті з одночасним обдувом холодним повітрям.

На металеві плити розміром 10 × 15 см укладається продукт. З торця тунелю закріплений вентилятор, який створює горизонтальний потік повітря. Нижній шар продукту заморожується внаслідок віддачі тепла металевим плитам, верхній шар – внаслідок віддачі тепла потоку холодного повітря.

3. Контактне заморожування при розміщенні продукту між двома металевими плитами з одночасним обдувом холодним повітрям.

Продукт поміщається між двома металевими плитами. З торця тунелю закріплений вентилятор, який створює горизонтальний потік повітря. Верхній і нижній шар продукту заморожується внаслідок віддачі тепла металевим плитам, горизонтальний потік повітря додатково відводить тепло від продукту.

4. Підморожування нижнього шару продукту з подальшим контактним заморожуванням.

Продукт укладається на сітчасту металеву підкладку і знаходиться там, поки не підмерзне нижній шар продукту. Далі продукт поміщається в тунель з металевими плитами, де знаходиться до кінця заморожування. Підморожування продукту необхідно, при наявності вологи на упаковці продукту, щоб при подальшому контактному заморожуванні упаковка не примерзала до металевих плит.

Для заморожування овочевих напівфабрикатів застосовувалося два температурних режима – 40 °С і – 30 °С.

2.2 Прилади і засоби вимірювання

Для того щоб стежити за змінами температури в продукті використовуються термопари. Термопара – це два провідника з різних матеріалів, які з одного боку зварюються в одній точці (гарячий спай) і саме цей спай поміщають в вимірюваний продукт. З іншого боку є два вільних провідника (холодний спай) на якому вимірюється термо-ЕДС.

Переваги термопар:

- висока точність вимірювання температур;
- великий діапазон виміру температури;
- простота;
- надійність;
- вартість.

Недоліки термопар:

- на показники впливає температура холодного спаю;
- струм, що протікає через термопару може вносити істотні похибки;
- залежність термо-ЕДС від температури дуже нелінійна;
- при великій довжині провідників термопари можуть виникати перешкоди, які спотворюють показники;
- дуже маленьке значення термо-ЕДС на один градус.

Термопари встановлюються на поверхні продукту з двох сторін на відстані 2 мм від поверхні і в центрі продукту. Установка термопар показана на рис. 2.1.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

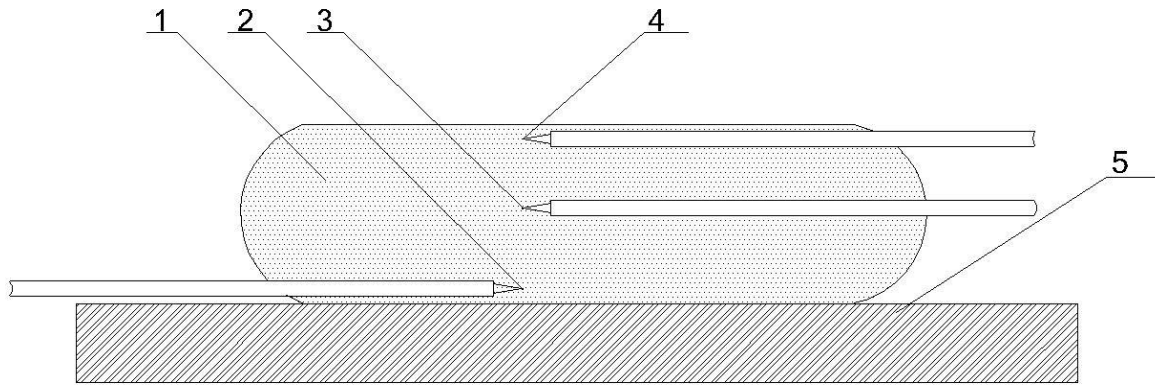


Рисунок 2.1 – Схема установки термопар

На рисунку показано: 1 – упакована плодоовочева суміш; 2, 4 – термопари на поверхні продукту; 3 – термопара встановлена в центрі продукту; 5 – металева плита.

Розглянемо підключення і підготовку до експлуатації приладу АС-4.

Підключення приладу АС-4 виконувалося відповідно до схеми зображеної на рис. 2.2.

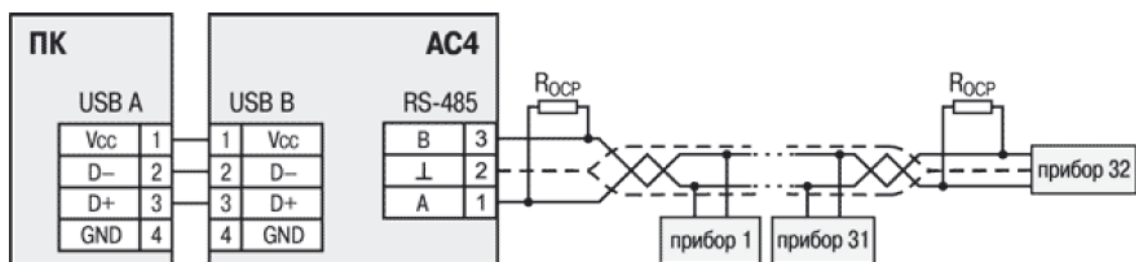


Рисунок 2.2 – Схема підключення приладу АС-4

Кабель S інтерфейсу R-485 підключається по двохпровідній схемі з дотриманням полярності. До приладу підключається USB кабель. Для забезпечення надійності гвинтових з'єднань використовувався багатожильний мідний кабель перетином 0,75 мм².

Перш ніж почати користуватися приладом до комп'ютера необхідно встановити драйвер. Для цього запускається файл, який міститься на компакт-диску. USB кабель під'єднується до ПК. Операційна система повинна визначити прилад як віртуальний COM-порт. Далі подається напруга живлення на пристрої інтерфейсу RS-485. Запускається програма опитування на ПК.

Розглянемо підключення і підготовку до роботи приладу МВА-8.

З'єднання приладу з термоелектричними перетворювачами здійснюється безпосередньо (при достатній довжині провідників термопар) або за допомогою додаткових компенсаційних проводів, марка яких повинна відповідати типу використовуваних термопар. Компенсаційні дроти підключаються

безпосередньо до вхідних контактів приладу. Довжина лінії зв'язку повинна бути не більше 20 м.

Зв'язок приладу по інтерфейсу R-485 виконується по двохпровідній схемі. Довжина лінії зв'язку повинна бути не менше 800 м. Підключення здійснюється крученою парою проводів, дотримуючись полярності. Провід А підключається до виводу А приладу. Аналогічно з'єднуються виводи В.

Для забезпечення надійності електричних з'єднань використовувався кабель з мідними багатодрововими жилами, перерізом $0,75 \text{ мм}^2$, кінці якого зачищаються.

При підключенні приладу необхідно дотримуватися наступної послідовності операцій:

- 1) Провести підключення МВА8 до джерела живлення приладу.
- 2) Підключити лінії зв'язку «прилад-датчики» до первинних перетворювачів.
- 3) Підключити лінії зв'язку «прилад- датчики» до входів МВА8.
- 4) Підключити лінії інтерфейсу RS-485.
- 5) На невикористовувані при роботі приладу вимірювальні входи встановити перемички.

Схема розташування контактів для підключення зовнішніх зв'язків показана на рис. 2.3.

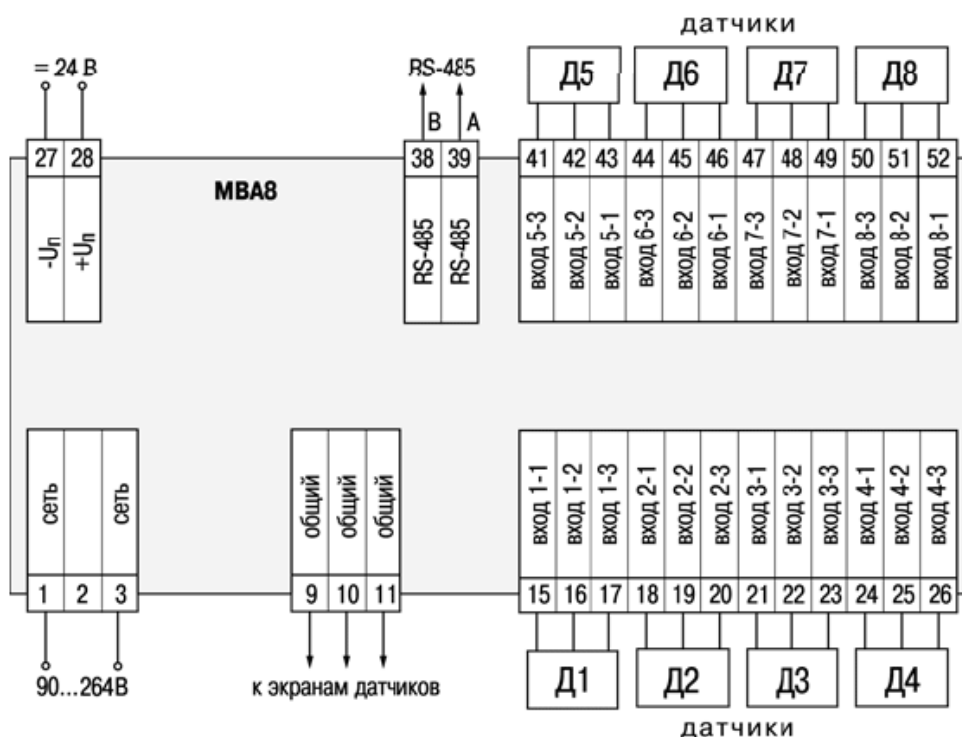


Рисунок 2.3 – Схема розташування контактів для підключення зовнішніх зв'язків

Для програмування приладу МВА 8 необхідно підключити його через адаптер інтерфейсу RS-485 ОВЕН АС-4 до персонального комп'ютера і підключити до приладу живлення.

Програмування проводиться за допомогою програми «Конфігуратор МВА 8» і включає настройку мережевих параметрів і мережевого інтерфейсу приладу МВА 8.

2.3 Аналіз теплофізичних властивостей плодовоовочевої суміші

Теплофізичні властивості визначалися для компонентів плодовоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» з використанням математичної моделі, розробленої на основі фізичної моделі процесу заморожування плодів і ягід. У якості фізичної моделі заморожування використовується процес кристалізації вологи в розчині глюкози, сахарози, фруктози у воді. Еклектична температура заморожування водного розчину глюкози становить $-5,3$ °С, водного розчину сахарози $-8,5$ °С, водного розчину фруктози -21 °С. Математична модель дозволяє розрахувати частку замерзлої вологи, ентальпію, питому теплоємність, теплопровідність, температуропровідність, щільність плодів у свіжому, замороженому стані, а також зміну цих показників у процесі заморожування в залежності від температури плодів і овочів. Вихідними даними для розрахунку перерахованих теплофізичних параметрів є дані співвідношення компонентів плодів і овочів, а саме масові частки вологи, цукру, фруктози, сахарози, глюкози і крохмалю.

Кількість льоду в компонентах плодовоовочевої суміші збільшується з пониженням температури і визначається за такою формулою:

$$m_{\text{л}} = m_{\text{вл}} - m_{\text{с}} \cdot \left(\frac{1}{\xi_{\text{p}}(t)} - 1 \right) \quad (2.1)$$

де $m_{\text{л}}(t)$ – масова частка льоду, який утворився в компонентах плодовоовочевої суміші при даній температурі;

$m_{\text{с}}$ – масова частка цукру у компонентах суміші;

$m_{\text{вл}}$ – масова частка вологи в овочах.

Швидкість кристалізації води залежить від температури вимерзання, чим вона нижча, тим більше швидкість кристалізації. При цьому число утворюючих центрів кристалізації зростає і утворена мікрокристалічна структура дрібніша. Кристалики будуть розподілятися всередині клітин, а також в міжклітинному просторі рівномірно, при цьому кристалики льоду спочатку будуть утворюватися в міжклітинному просторі.

Масова частка фруктози в розчині визначалася за рівнянням регресії в залежності від температури:

$$\xi_{\text{p}} = -0,196 - 7,771 \cdot t_{\text{кр}} - 0,374 \cdot t_{\text{кр}}^2 - 7,459 \cdot 10^{-3} \cdot t_{\text{кр}}^3$$

де $t_{\text{кр}}$ – криоскопічна температура.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

При визначенні частки замерзлої вологи, в діапазоні температур починаючи від криоскопічної до температури мінус 5,3 °С, замість m_c підставляли масову частку всіх цукрів, що входять до складу компонента суміші. Масову частку фруктози і сахарози використовували в діапазоні температур від мінус 5,3 до мінус 8,5 °С. Масову частку фруктози підставляли в діапазоні для температур від мінус 8,5 до мінус 21 °С.

Середні значення теплофізичних характеристик для суміші «Гарнір з гарбузом» визначали з урахуванням частки кожного компонента в готовій суміші, співвідношенням компонентів визначеною рецептурою.

Питому теплоємність з овочів, що входять до складу суміші, знаходили за правилом адитивності:

$$c = \sum_{k=1}^n (c_k \chi_k) \quad (2.2)$$

де c_k – теплоємність компонента (теплоємність води 4,19 кДж / (кг · К), цукрів 1,315 кДж / (кг · К), льоду 2,3 кДж / (кг · К), інших компонентів брали 1,214 кДж / (кг · К));
 χ_k – масова частка компонента.

Приріст ентальпії Δi розраховували за наведеною залежністю, при цьому за нульове значення ентальпії взяли тепловміст плодів і овочів, який відповідає температурі мінус 40 °С:

$$\Delta i = c \Delta t + r \cdot \Delta \chi_{\text{л}} \quad (2.3)$$

де Δt – зміна температури в процесі заморожування;
 $r = 334$ кДж/кг – питома теплота плавлення водного льоду;
 $\Delta \chi_{\text{л}}$ – масова частка льоду який розтанув в діапазоні температур Δt .

Метод адитивності достовірний для харчових продуктів, тому що вони є ізотропними. Коефіцієнти теплопровідності складових компонентів представляють являють собою величини одного порядку (крім газів). При розрахунку теплопровідності цукрів брали 0,582 Вт/(м · К), води – 0,597 Вт/(м · К), льоду – 2,24 Вт / (м · К), крохмалю – 0,115 Вт/(м · К).

Розрахункову фізичну щільність овочів і плодів, що входять до складу суміші, знаходили по такому способу:

$$\rho = \sum_{k=1}^n \chi_k / \sum_{k=1}^n \frac{\chi_k}{\rho_k} \quad (2.4)$$

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

де χ_k – масова частка компонента суміші;

ρ_k – щільність компонента;
(Щільність цукрів 1550 кг/м³
крохмалю 1648 кг/м³,
льоду 9158 кг/м³,
води 1000 кг/м³).

Температуропровідність свіжої суміші «Гарнір з гарбузом» склала $1,545 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Теплопровідність суміші до заморожування 0,568 Вт/м К). Масова теплоємність свіжої суміші дорівнює 3858 Дж/(кг К). Для замороженої суміші «Гарнір з гарбузом» знайдені значення температуропровідності, теплопровідності і масової теплоємності склали відповідно: $10,35 \cdot 10^{-7}$ м²/с; 2 Вт/(м К); 2204 Дж/(кг К).

Процес заморожування плодоовочевої суміші проходить зі значним виділенням прихованої теплоти кристалізації при певних температурах. До таких температур слід віднести температури кристалізації розчинів основних компонентів, що містяться в них, і криоскопічні температури компонентів суміші. До основних розчинних компонентів відноситься цукор, а саме, фруктоза, сахароза, глюкоза, а також крохмаль. Зміст інших цукрів, таких як моно -, дисахариди, галактоза, мальтоза, лактоза надає незначний вплив на процес кристалізації.

Проаналізувавши дані, отримані в ході розрахунку масової частки замерзлої вологи, був зроблений висновок про те, що при температурі мінус 21 °С в компонентах суміші «Гарнір з гарбузом» залишається незамерзла волога.

Відповідно до проведених теплових розрахунків, в картоплі при температурі мінус 21 °С залишається незамерзлою 2% вологи (з 80%), у моркві 1,9% незамерзлої вологи (з 88%). Ріпчаста цибуля містить 0,9% незамерзлої вологи (з 86%) при температурі мінус 21 °С. Для петрушки (92% вологи) при температурі 21 °С є трохи незамерзлої вологи в кількості 0,5%. Для зелені кропу (86% вологи) були отримані значення 1,5% незамерзлої вологи. Для часнику (з 77%) і для гарбуза (з 91%) вказане значення склало відповідно 6% і 1,8%. При температурі мінус 22 °С волога, що міститься в продуктах, повністю замерзає.

Похибки визначення теплофізичних характеристик розрахунковим способом в порівнянні з експериментальними даними повинні складати не більше 6%.

Згідно з отриманими даними, процес заморожування суміші «Гарнір з гарбузом» відбуватиметься в діапазоні температур від криоскопічної до мінус 22°С. Стандартною температурою зберігання заморожених напівфабрикатів є температура мінус 18 °С, але з урахуванням отриманих даних необхідно відмітити, що при вказаній температурі в продукті міститься близько 1,3% незамерзлої вологи. При мінус 22 °С в продукті залишається тільки хімічно і фізико-хімічно зв'язана волога з високою енергією зв'язку, вся вільна волога заморожена, відповідно, виключено розвиток патогенних мікроорганізмів. Щоб продовжити термін зберігання плодоовочевого напівфабрикату «Гарнір з гарбузом», необхідно зберігати її при температурі нижче мінус 22 °С.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2.4 Вибір методів швидкого заморожування напівфабрикатів

Здійснювався аналіз заморожування напівфабрикатів у двох температурних режимах (-30 і -40 °С) і тривало до тих пір, поки температура в продукті не досягала -22 °С. На рис. 2.4 зображено графік зміни температури в потоці висхідного повітря, на рис. 2.5 показаний графік зміни температури при заморожуванні на металевій плиті.

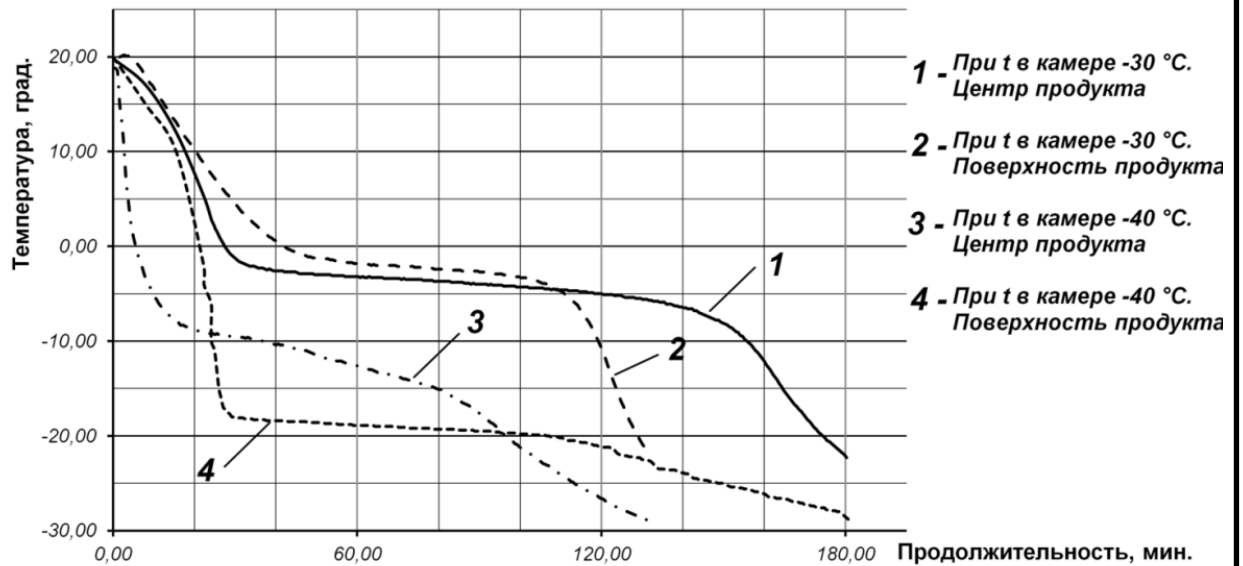


Рисунок 2.4 – Графік зміни температури в ході заморожування в потоці висхідного повітря

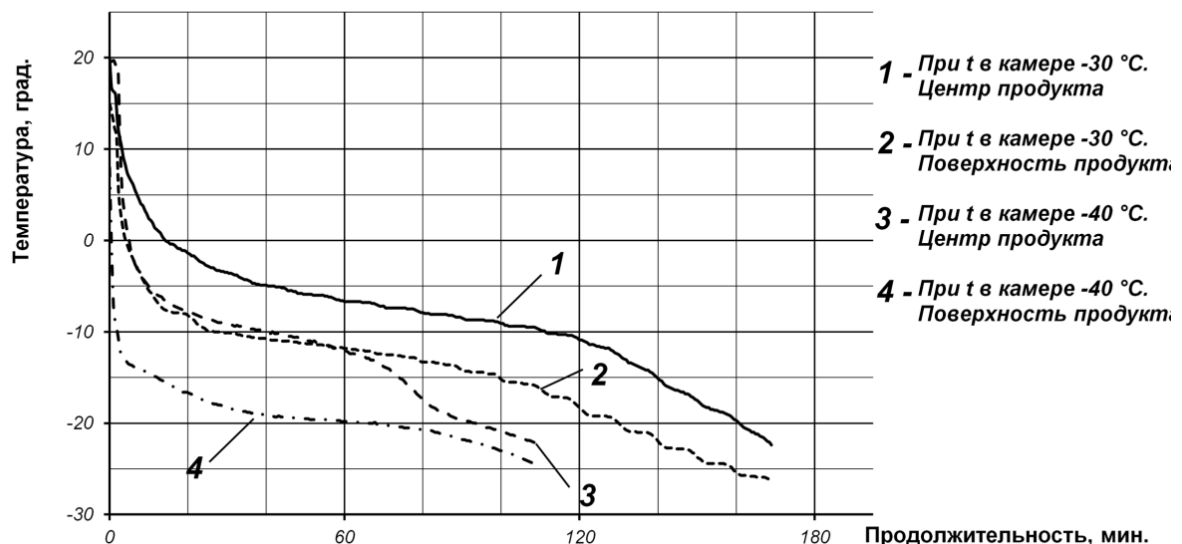


Рисунок 2.5 – Графік зміни температури в ході заморожування на металевій плиті

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Заморожування в потоці висхідного повітря найбільш тривале: при -40°C тривалість склала 131 хв., при -30°C – 179 хв. Заморожування продукту на металевій плиті найшвидше: при -40°C час становив 108 хв., а при -30°C – 163 хв. Зміна температури при заморожуванні продукту між двома металевими плитами показано на рис. 2.6.

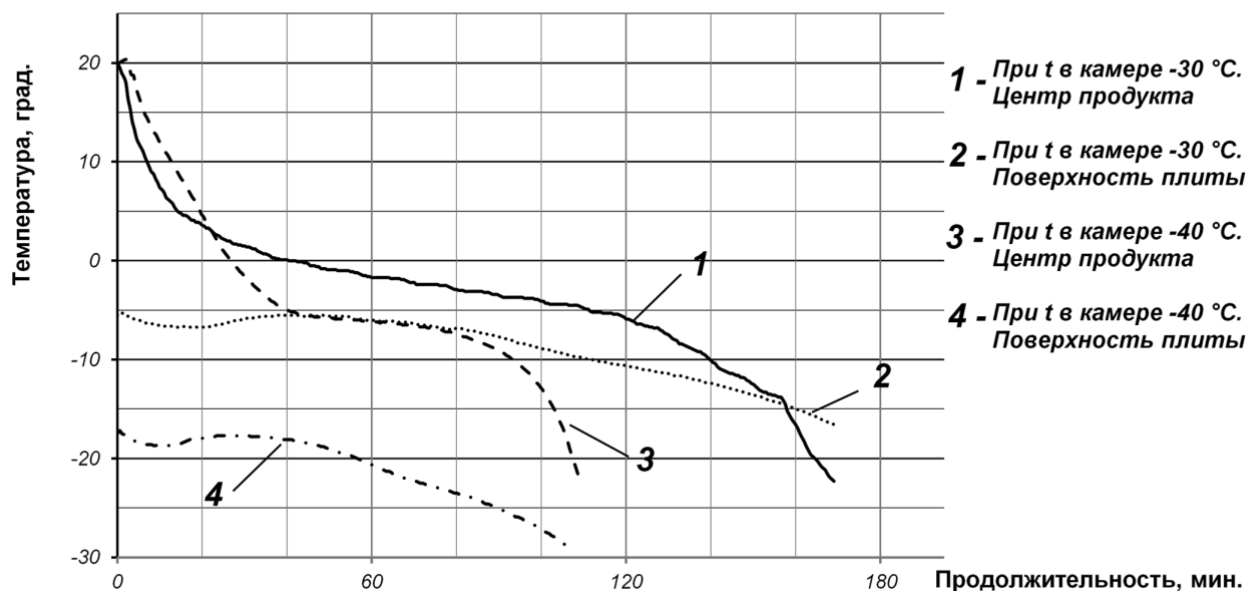


Рисунок 2.6 – Графік зміни температури в ході заморожування між двома металевими плитами

Час заморожування між двома металевими плитами майже не відрізняється від заморожування на одній плиті і тривалість становить при -40°C 109 хв., при -30°C 165 хв. При заморожуванні продукту на металевій плиті і між двох плит сталося примерзання пакета до їх поверхні, при відділенні пакета його поверхня була пошкоджена, порушилася цілісність упаковки.

Конвекційне підморожування на металевій решітці з подальшим доморожуванням продукту на металевій плиті необхідне при наявності вологи на упаковці продукту для запобігання примерзання пакета до поверхні плити. Продукт підморожують конвекційним способом до тих пір, поки волога на поверхні товару не замерзне, далі продукт переміщується на металеву плиту для доморожування.

Час заморожування в ході конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті склав при -40°C 117 хв., а при -30°C 166хв.

Зміна температури в ході конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті показано на рис. 2.7.

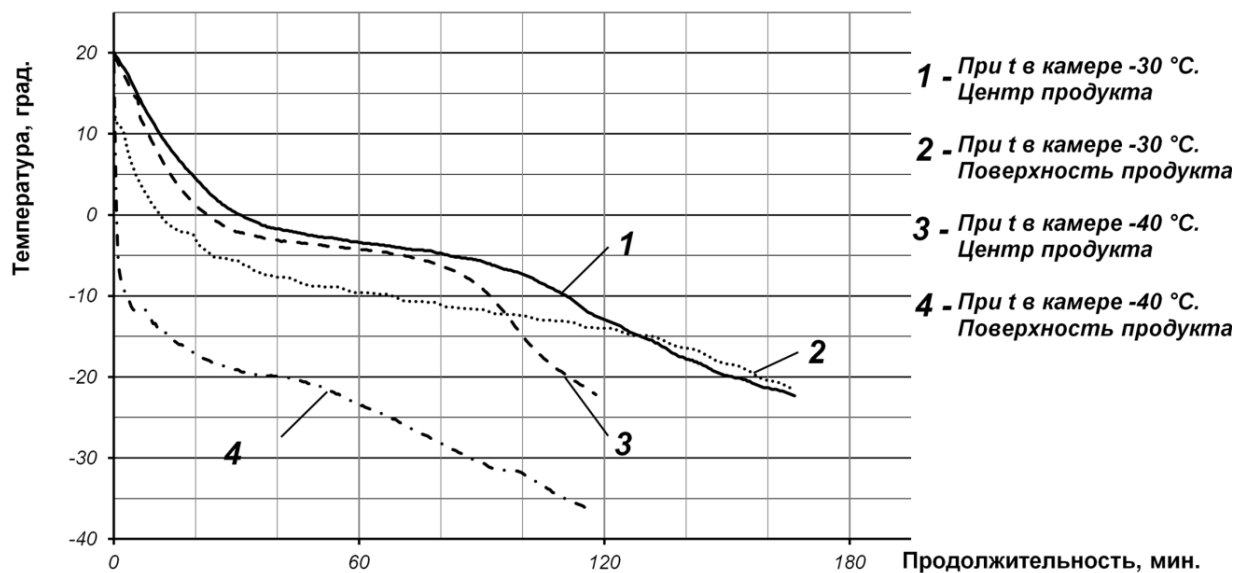


Рисунок 2.7 – Графік зміни температури в ході конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті

Підсумковий час всіх способів заморожування приведено в таблиці 2.2.

Таблица 2.2 – Підсумковий час заморожування

Спосіб	Час (хв.)
при температурі – 40 °С	
В потоці повітря	131
На металевій плиті	108
Між двома плитами	109
Змішане заморожування	117
при температурі – 40 0С	
В потоці повітря	179
На металевій плиті	163
Між двома плитами	165
Змішане заморожування	166

Можна зробити висновок, що доцільно використовувати метод конвекційного підморожування з подальшим доморожуванням на металевій плиті для плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі – 40 °С. Заморожування в потоці висхідного повітря не забезпечує швидкість процесу, при заморожуванні на плиті і між двох плит призводить до промерзання пакета до поверхні і пошкодження його в процесі відділення по закінченню заморозки.

Розрахуємо тривалість заморожування змішаним способом з урахуванням того, що продукт перебуває на плиті. Відповідно, його нижній шар буде заморожений за рахунок віддачі тепла металевій плиті, верхній шар за рахунок вертикального потоку холодного повітря (як в тунелі) зі швидкістю близько 1,5 м/с. Розрахуємо товщини цих двох шарів і час, який необхідний для їх заморожування.

Прийmemo, що заморожується необмежене тіло з пласкою поверхнею. Через деякий час від моменту початку заморожування межа розділу між замерзлою і незамерзлою частинами тіла просунулася на відстань l вглиб поверхні тіла, тобто замерз шар товщиною l .

За час $d\tau$ межа розділу просувається вглиб тіла на відстань dl . Функція $\tau(l)$ буде визначатися за диференціальним рівнянням:

$$d\tau = \frac{q\rho}{t_{кр}-t_{хл}} \left(\frac{l}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) dl \quad (2.5)$$

де q – теплота, яка виділяється одиницею маси тіла при заморожуванні, кДж/кг;

ρ – щільність тіла, кг/м³;

$t_{кр}$ – криоскопічна температура, °С;

$t_{хл}$ – температура холодоносія, °С;

λ – теплопровідність, Вт / м · К;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт / (м² · К).

Розрахунок товщини замороженої частини продукту будемо вести за наступним алгоритмом:

1. Приймемо, що на початку заморожування $\tau = 0$; $l = 0$; $d\tau = 10$ с.

2. Товщина замороженого шару за $d\tau = 10$ с визначимо за формулою:

$$dl = \frac{d\tau}{\frac{q\rho}{t_{кр}-t_{хл}} \left(\frac{1}{\alpha} \right)} \quad (2.6)$$

3. Тоді $l_1 = dl$, подальше збільшення dl визначимо за формулою:

$$dl = \frac{d\tau}{\frac{q\rho}{t_{кр}-t_{хл}} \left(\frac{l_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right)} \quad (2.7)$$

4. Далі $l_2 = l_1 + dl$. Аналогічно продовжуємо розрахунок товщини замороженого продукту: нижнього шару $l_{конт.}$ з урахуванням контактного заморожування, верхнього $l_{конвекц.}$ – конвекційного заморожування.

5. Розрахунок зупиняємо в той момент, коли продукт повністю замерзне, тобто сумарна товщина заморожених шарів продукту досягне 25 мм.

$$l_{общ} = l_{конт.} + l_{конвекц} \quad (2.8)$$

При цьому теплота q , що виділяється тілом при заморожуванні, визначалася, як різниця ентальпій свіжої суміші «Гарнір з гарбузом» і замороженої суміші, і склала 327,9 кДж/кг. Середня щільність суміші склала 897 кг/м³, криоскопічна температура суміші з урахуванням масової частки кожного з компонентів дорівнює $-1,17$ °С. Температура холодоносія $t_{хл}$ дорівнює температурі повітря в камері і склала -40 °С. Теплопровідність суміші приймаємо рівною 1,97 Вт/м К.

Коефіцієнти тепловіддачі для конвекційного і контактного заморожування будуть різні і складуть 8 і 30 Вт/(м² К) відповідно.

						ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
							32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

За результатами розрахунків був побудований графік тривалості заморожування, представлений на рис. 2.8.

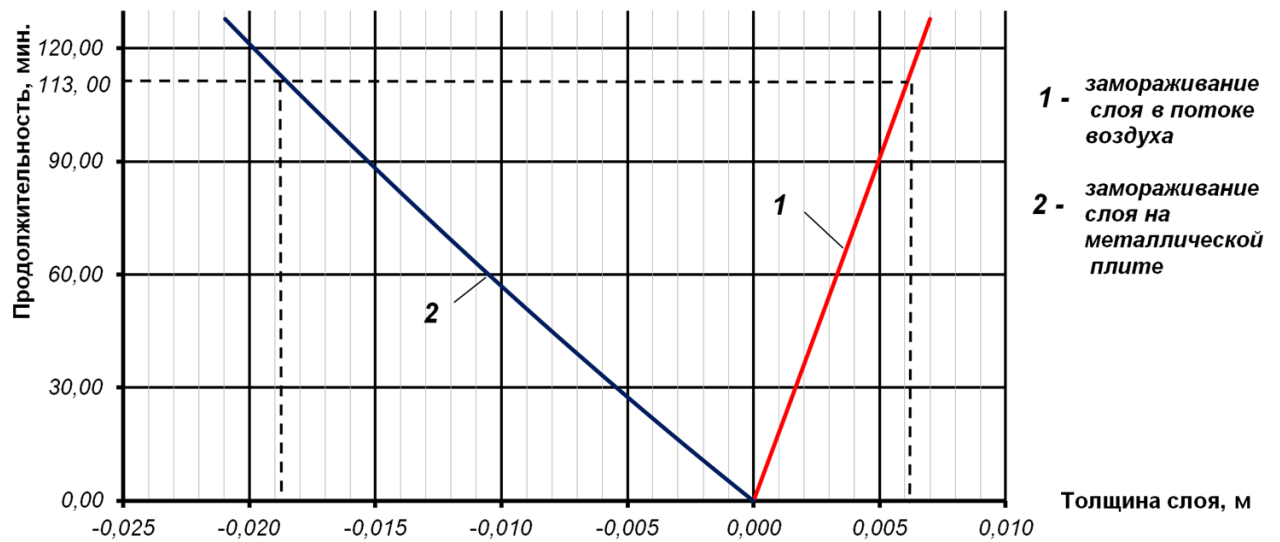


Рисунок 2.8 – Графік тривалості заморожування

Тривалість заморожування, отримана розрахунковим методом, склала 113 хв., при цьому товща шару, замерзлого в результаті знаходження в потоці холодного повітря становила 0,006 м. Товщина шару, замерзлого в результаті знаходження на металевій плиті дорівнює 0,019 м.

РОДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Розрахунок природного освітлення

Природне освітлення використовується в денний час доби. Площа світлового прорізу при бічному освітленні можна визначити за формулою:

$$S_o = S_n \times e_n \times h_o \times k_{зo} / 100 \times \tau_o \times p_{cp} \quad (3.1)$$

де S_o – площа вікон, m^2 ;

S_n – площа приміщення, m^2 ;

e_n – нормоване значення КПО;

h_o – світлові характеристики вікна;

$k_{зo}$ – коефіцієнт, що враховує затемнення від протилежних будинків;

τ_o – загальний коефіцієнт світлопропускання;

p_{cp} – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО, за рахунок відбиття від стелі і стін приміщення.

Площа приміщення $S_n = A \times B = 90 \times 40 = 3600 m^2$

Світлові характеристики вікна $h = 11,5$. Коефіцієнт, що враховує затемнення іншими будівлями, при відстані між розглянутими будинками $L = 10$ м і висотою будівлі $H = 10$ м, $k_{зo} = 1,4$.

Загальний коефіцієнт світлопропускання:

$$\tau_o = \tau_1 \times \tau_2 \times \tau_3 \times \tau_4$$

де $\tau_1, \tau_2, \tau_3, \tau_4$ – відповідно коефіцієнти, що враховують втрати світла в матеріалі скління, шарі забруднення скління і сонцезахисних пристроїв:

$$\tau_1 = 0,8; \tau_2 = 0,6; \tau_3 = 0,65; \tau_4 = 0,9$$

$$\tau_o = 0,8 \times 0,6 \times 0,65 \times 0,9 = 0,28$$

Коефіцієнт, що враховує підвищення КПО за рахунок відбиття світла від стелі і стін приміщення, $p_{cp} = 1,2$.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Недільчук			Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цвіркун					5	52
Н. Контр.		Омельченко			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО			
Затверд.		Омельченко						

Тоді:

$$S_0 = \frac{3600 \times 1 \times 11,5 \times 1,4}{100 \times 0,28 \times 1,2} = 465 \text{ м}^2 \quad (3.2)$$

Таким чином, отримаємо, що необхідна площа світлових прорізів вікон при бічному освітленні дорівнює 465 м².

3.2 Розрахунок штучного освітлення

Розрахунок штучного освітлення можна зробити методом коефіцієнта використання світлового потоку.

У цьому методі враховується не тільки пряме світло від світильника, а й відбите від стін і стелі.

$$F = \frac{E \times S \times k}{\eta \times n}, \text{ Лм} \quad (3.3)$$

де F – світловий потік лампи в світильнику, Лм;

E – мінімальна освітленість, Лк;

S – площа освітлюваного приміщення, м;

k – коефіцієнт запасу;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

η – коефіцієнт використання освітлювальної установки;

n – необхідне число ламп.

Значення мінімальної освітленості визначається з таблиці, виходячи з розряду зорових робіт (V), типу ламп (газорозрядні), виду освітлення (загальне), E = 150 лк.

Площа освітлення приміщення дорівнює:

$$S = A \times B = 90 \times 40 = 3600 \text{ м}^2$$

де A – довжина приміщення (A = 90 м);

B – ширина приміщення (B = 40 м).

Коефіцієнт запасу приміщення з повітряним середовищем, що містить не більше 5 мг/м³ пилу, диму і кіптяви дорівнює 1,5 мг/м³.

Значення коефіцієнта нерівномірності освітлення z має значення від 1,1 до 1,5.

Визначимо показник приміщення:

$$i = A \times B / M_c \times (A + B) \\ i = 90 \times 40 / 7 \times (90 + 40) = 3,59$$

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

де M_c – висота розташування світильника над освітлюваною поверхнею ($M_c=7$ м).

По знайденому показнику приміщення по таблиці визначаємо значення коефіцієнта використання освітлювальної установки $\eta = 0,59$.

Отримавши всі вихідні дані, приймаємо необхідне число ламп: $n = 72$ шт.

За всіма даними визначаємо світловий потік однієї лампи:

$$F = \frac{150 \times 3600 \times 1,5 \times 1,1}{0,59 \times 72} = 20794 \text{ Лм.}$$

По знайденим значенням світлового потоку кожної лампи визначаємо її тип і потужність, перевага віддається газорозрядним лампам.

Вибираємо лампу типу ДРЛ – 500м і світильник ГСР – 500. Основні дані лампи наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Основні дані лампи ДРЛ

Тип	Потужність, Вт	Світловий потік, Лм	Цоколь	Розміри, мм	
				діаметр	довжина
ДРЛ 500 м	500	21000	P40	145	360

3.3 Електробезпека

Техніка безпеки при монтажі та налагодженні електрообладнання відповідає правилам влаштування холодильних установок. Важливу роль у безпеці праці для електротехнічного персоналу мають електротехнічні засоби захисту і запобіжні пристосування.

Для захисту людей від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції застосовується заземлення. Для заземлення електроустановок в першу чергу використовують природні заземлювачі. Для заземлення електроустановок різних призначень і різних напруг, територіально наближених одна до іншої, застосовують один спільний заземлювальний пристрій.

Для об'єднання заземлюючих пристроїв різних електроустановок в один спільний заземлювальний пристрій використовують всі наявні в наявності природні, особливо протяжні, заземлюючі провідники.

Заземлюючі пристрої, що використовуються для заземлення електроустановок одного або різних призначень і напруг, задовольняють всім вимогам, що пред'являються до заземлення цих електроустановок, захисту людей від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції, умовам режимів роботи мереж, захисту електрообладнання від перенапруги і т. д.

Електрообладнання живиться від трифазної мережі змінного струму з глухо заземленою нейтраллю, напругою $U = 380/220$ В, $I_{\max} = 312$ А, $f_{\text{сеті}} = 50$ Гц. В некерованому випрямлячі відбувається перетворення змінного струму в постійний для живлення обмотки збудження $U = 540$ В, $I_{\max} = 20,1$ А.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

З класифікації приміщень за характером навколишнього середовища дане виробниче приміщення сухе. В даному приміщенні є залізобетонна підлога. В результаті цього, приміщення за ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою.

Основні заходи, що забезпечують електробезпеку при дотику до конструктивних частин електрообладнання, полягають в контролі опору подвійної ізоляції, застосування заземлення та захисного відключення.

Передбачається заземлення корпусів всіх електричних двигунів, світильників, екструдера, калібратора, тягнутого пристрою.

Захисне відключення установки використовується при появі напруги на корпусі щодо землі. Датчиком служить реле напруги, включене між корпусом і допоміжним заземлювачем. При появі напруги на корпусі будь-якого з обладнання, яке входить до складу екструзійної лінії, реле спрацьовує і своїм контактом відключає автоматичний вимикач, установка при цьому відключається від мережі живлення.

Передбачається подвійна ізоляція струмоведучих частин електроприводу. Відповідно до ПУЕ величина ізолюючого опору струмоведучих частин повинна бути не менше 5 МОм.

Проектоване електрообладнання розташовується в пожежонебезпечному приміщенні П-Па. В даному приміщенні слід застосовувати захищену електропроводку (провід марки ВРГ, кабель або провід ПР і ПВ в тонкостінних сталевих трубках).

3.4 Розрахунок заземлювача

Для штучного заземлювача використовуємо вертикально забиті труби які з'єднані металевими смужками (контурне заземлення). Визначимо опір вертикально забитої в землю труби:

$$R_{mp} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times l_{mp}} \times \left(\ln \frac{2 \times l_{mp}}{d} + 0,5 \ln \frac{4h + l_{mp}}{4h - l_{mp}} \right) \quad (3.4)$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом × м;

l_{mp} – довжина труби, м, $h=2$ м.

$$R_{mp} = \frac{\rho}{2 \times \pi \times 3} \times \left(\ln \frac{2 \times 3}{0,05} + 0,5 \ln \frac{4 \times 2 + 3}{4 \times 2 - 3} \right) = 27,8 \quad \text{Ом}$$

Необхідна кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_{mp} \times n_c}{R_3 \times n_3} \quad (3.5)$$

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

де R_3 – необхідний опір заземлення;

n_c – коефіцієнт сезонності;

n_s – коефіцієнт екранування;

$R_3 = 40m; n_c = 1,1; n_s = 0,8$

$$n = \frac{27,8 \times 1,1}{4 \times 0,8} = 10$$

Опір металевій смуги застосовуваної для з'єднання трубних заземлювачів:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \times \pi \times l_n} \times \ln \frac{2 \times l_n^2}{b \times h} \quad (3.6)$$

де l_n – довжина смуги (1320 м);

h – глибина закладення смуги (0,7 м);

b – ширина смуги (0,05 м).

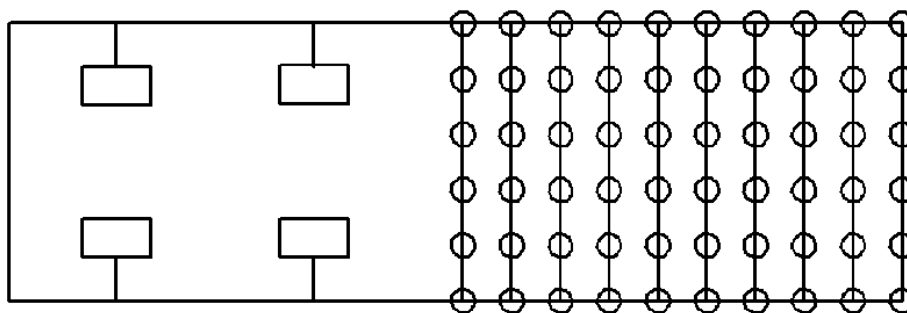


Рисунок 3.1 – Схема захисного заземлення

3.5 Протипожежна безпека

У виробничих приміщеннях повинні бути первинні засоби пожежогасіння, які застосовує обслуговуючий персонал для ліквідації пожежі до прибуття пожежної частини.

Для гасіння пожеж можна використовувати воду, водяну пару, повітряно-механічну піну і спеціальні хімічні засоби (вуглекислота). Для гасіння пожеж застосовуються: вогнегасник типу УП-1М, вуглекислотні-бромтілові вогнегасники, а також найпростіші засоби такі як пісок, азбестова тканина і т.д. Протипожежні вогнегасники вивішуються на видних місцях.

Пожежною охороною підприємства спільно з інженерно-технічним складом передбачено:

- а) спеціальні підприємства для окремих виробництв з пожежної безпеки;
- б) порядок і норми зберігання пожежних і вибухонебезпечних речовин і матеріалів;
- в) інструкції за правилами застосування засобів пожежогасіння, аварійної зупинки технічного обладнання, порядку евакуації людей та матеріальних цінностей, викликом пожежної допомоги.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена вибору методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу. Було проведено аналіз літературних джерел з теми дослідження, в якому розглядалися властивості плодів і овочів, їх теплофізичні характеристики, закономірності їх зміни в ході заморожування. Було проведено аналіз існуючих методів заморожування плодоовочевої продукції. Вивчено процеси зберігання, утеплення і розморожування овочевих напівфабрикатів.

Підібрані методи заморожування з урахуванням того, що продукт спочатку упаковується в термоусадочну плівку, після цього піддається заморожуванню.

Розглянуто холодильне обладнання для заморожування напівфабрикатів, що складається з двох тунелів для заморожування в потоці повітря і для контактного заморожування на металевій плиті. Тунелі встановлювали в морозильну скриню, для визначення і фіксування температури в ході заморожування використовували термопари, вимірювальний комплекс, комп'ютер.

Як об'єкт дослідження використовували плодоовочеву суміш «Гарнір з гарбузом», упаковану в термоусадочний пакет, доза продукту 400 г. Заморожування проводили в двох температурних режимах: -40 і -30 °С. Аналізували 4 методи: заморожування в потоці висхідного повітря, заморожування на металевій плиті, заморожування між двох металевих плит, комбіноване заморожування.

Було проведено теоретичний розрахунок тривалості заморожування, яка склала 113 хвилин.

За отриманими даними були побудовані графіки зміни температури в ході заморожування в центрі пакета з продуктом і на поверхні пакета. Були зроблені відповідні висновки: доцільно використовувати комбінований метод, що поєднує конвекційне підморожування в потоці висхідного повітря і контактне доморожування на металевій плиті. Конвекційне заморожування не забезпечує швидкість процесу, заморожування на плиті і між двох плит призводить до примерзання пакета до поверхні і його пошкодження при відділенні. Комбінований метод дозволяє уникнути примерзання, забезпечує невелику тривалість процесу.

У розділі «Охорона праці» здійснено розрахунок природного освітлення, штучного освітлення, заземлювача, розглянуто електробезпеку та протипожежну безпеку.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Вибір методу швидкого заморожування овочевих напівфабрикатів для зменшення часу технологічного процесу	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Недільчук</i>						1	52
<i>Перевір.</i>	<i>Цвіркун</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Омельченко</i>							
						ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грубы Я. Производство замороженных продуктов. М.: Агропромиздат, 1990. 336с.
2. Холодильная технология пищевых продуктов / В.И. Филлипов, М.И. Кременевская, В.Е. Куцакова. СПб.: ГИОРД, 2008. 576.
3. Замороженные пищевые продукты: производство и реализация / Дж. А.Эванс. СПб.: Профессия, 2010. 440 с.
4. Холодильная технология пищевых продуктов : учебник для вузов / Бараненко А.Н. и др. Часть 1. Теплофизические основы. СПб.: ГИ-ОРД, 2007. 224 с.
5. Технология консервирования / Э.С. Гореньков, А.Н. Горенькова, Г.Г.Усачева. М.: Агропромиздат, 1987. 351 с.
6. Консервирование пищевых продуктов холодом / И.А. Рогов, В.Е.Куцакова, В.И. Филлипов, С.В. Фролов. Изд. «Колос», 1998. 440 с.
7. Холодильная технология обработки и хранения продовольственных продуктов / А.В. Рудский Минск «Высшая школа», 1991. 120 с.
8. Нуждин А.С., Ужанский В.С. Измерения в холодильной технике: Справочное руководство. М.: Агропромиздат, 1986. 368 с.
9. Модуль ввода аналоговый измерительный МВА8. Руководство по эксплуатации, 1990. 90 с.
10. Преобразователь интерфейсов АС-4. Руководство по эксплуатации, 1995. 25 с.
11. Таблицы химического состава пищевых продуктов. Режим доступа: <http://pharmacognosy.com.ua/index.php/vashe-zdorovoye-pitanije/pochti-vse-o-pishchevykh-produktakh>, 22.12.2015.
12. Korotkij I.A. Sibirskaja jagoda. Fiziko-himicheskie osnovy tehnologij nizkotemperaturnogo konservirovanija: monografija [Siberian berry. Physical and chemical bases of technologies of low-temperature conservation]. Kemerovo, 2007. 146 p.
13. Аверин Г.Д., Журавская Н.К., Каухчешвили Э.И. Физикотехнические основы холодильной обработки пищевых продуктов / Под ред. Э.И.Каухчешвили. М.: Агропромиздат, 1985. 255 с.
14. Алмаши Э., Эрдели Л., Шарой Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 408 с.
15. Богатырев А.Н., Куцакова В.Е. Консервирование холодом. Новосибирск: РПО СО РАСХН, 1992. 162 с.
16. Большаков С.А. Холодильная техника и технология продуктов питания. М.: Академия, 2003. 304 с.
17. Бурмакин А. Г. Справочник по производству замороженных продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1970. 464 с.
18. Волкинд И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, плодов и овощей. М.: Агропромиздат, 1989. 239 с.
19. Головкин Н. А. Холодильная технология пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 240 с.

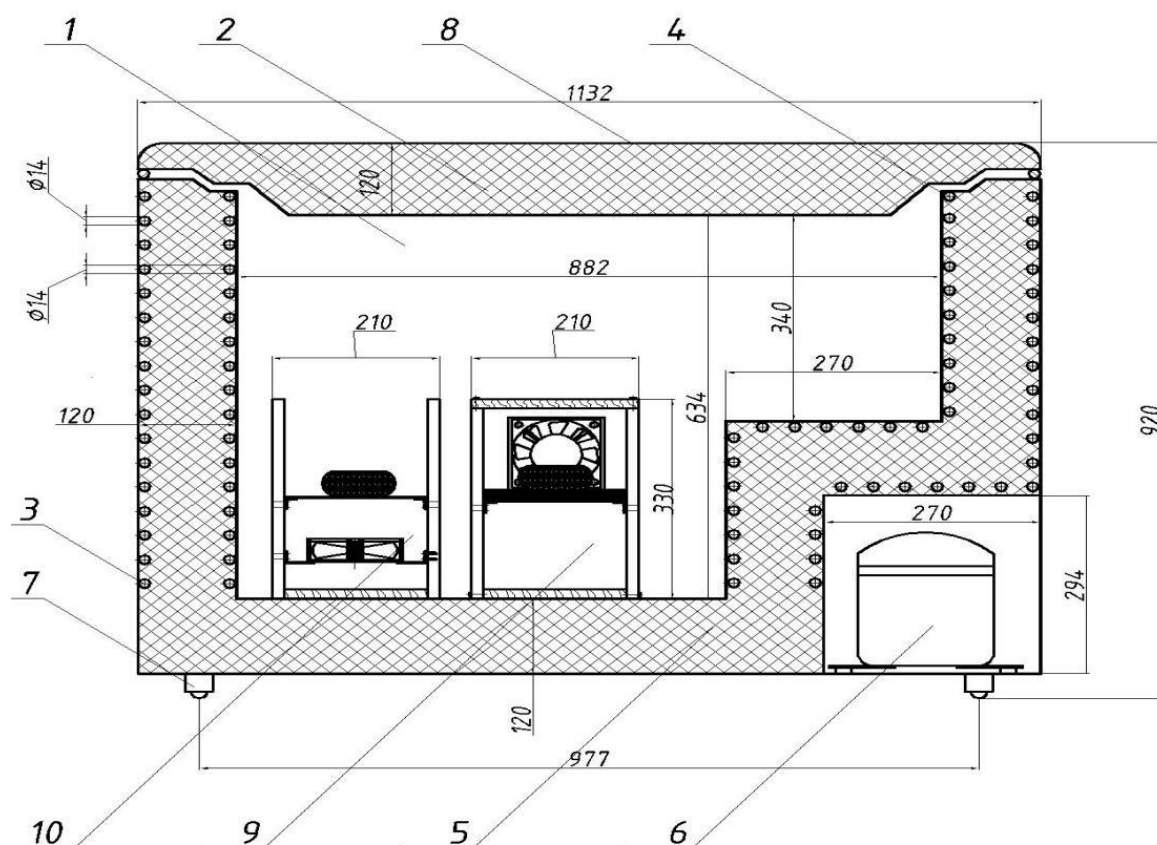
					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

20. Головкин Н.А., Чижов Г.Б. Холодильная технология пищевых продуктов. М.: Изд-во торговой литературы, 1963. 240 с.
21. Джафаров А. Ф. Товароведение плодов и овощей. М.: Экономика, 1979. 364 с.
22. Жарова С.Н., Панкова Е.И., Старостенко И.Э. Заготовка и хранение плодов. Л.: Лениздат, 1987. 160 с.
23. Загибалов А.Ф., Зверькова А.С., Титова А.А., Флауменбаум Б.Л. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции. М.: Агропромиздат, 1992. 352 с.
24. Круглякова Г.В. Заготовки, хранение и переработка дикорастущих ягод и грибов. М.: Экономика, 1991. 159 с.
25. Курьлев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. СПб.: Политехника, 2002. 576 с.
26. Манжесов В.И., Попов И.А., Щедрин Д.С. Технология хранения растениеводческой продукции. М.: Колос, 2005. 392 с.
27. Наместников А.Ф. Консервирование плодов и овощей в колхозах и совхозах. М.: Росагропромиздат, 1989. 239 с.
28. Плотникова Т.В., Поздняковский В.М., Ларина Т.В., Елисеева Л.Г. Экспертиза свежих плодов и овощей. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2001. 302с.
29. Постольски Я., Груда З. Замораживание пищевых продуктов / Под ред. Ю.Ф. Заяса. М.: Пищевая промышленность, 1978. 608 с.
30. Скрипников Ю. Г. Хранение и переработка овощей, плодов и ягод. М.: Агропромиздат, 1986. 208 с.
31. Флауменбаум Б. Л. Основы консервирования пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 272 с.

					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Додаток А

Схема холодильного обладнання для заморожування напівфабрикатів

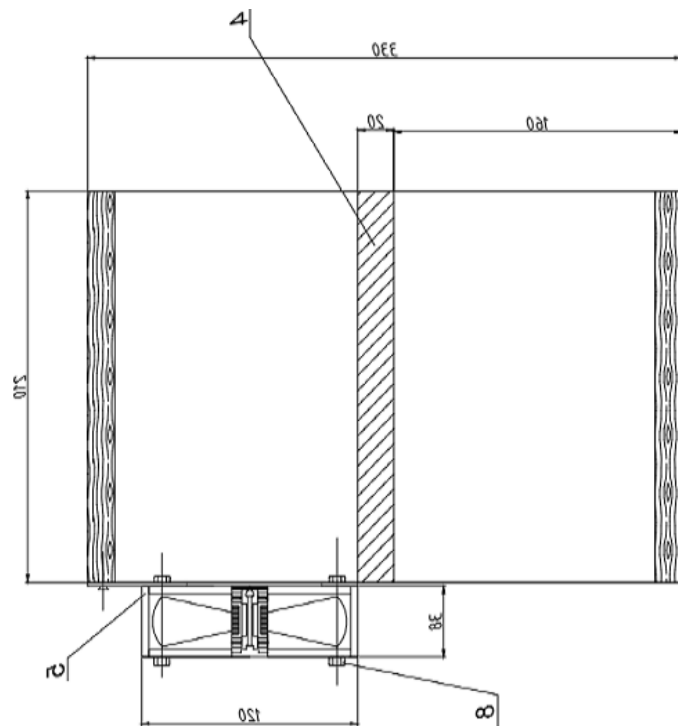
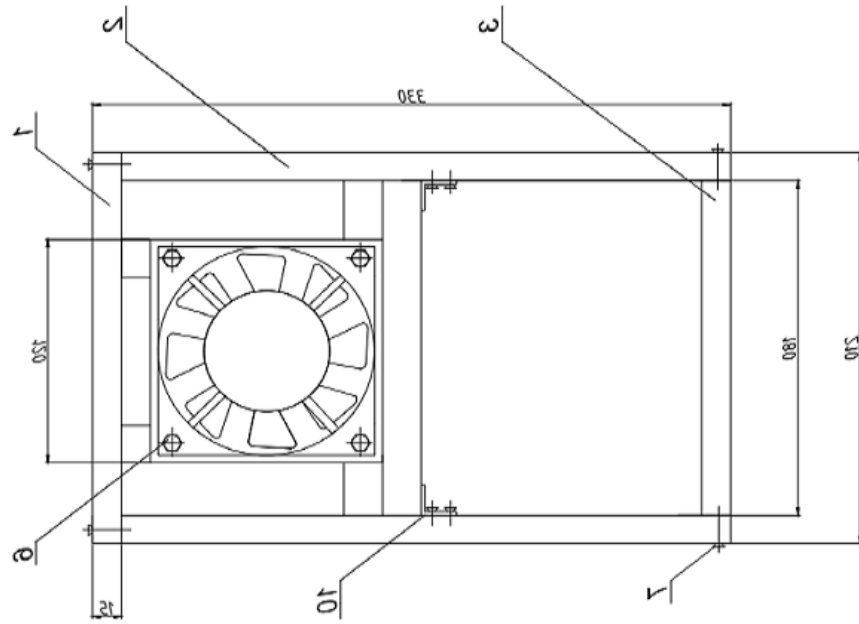


1 – внутрішня камера; 2 – кришка холодильної скрині; 3 – конденсатор; 4 – випарник; 5 – ізоляційний шар; 6 – компресор; 7 – колісна опора; 8 – корпус; 9 – тунель з металевими плитами; 10 – тунель з металевими ґратами.

ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Недільчук		
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
Додаток А Схема холодильного обладнання для заморожування напівфабрикатів			Літ.	Арк.
				1
			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
				52

Додаток Б

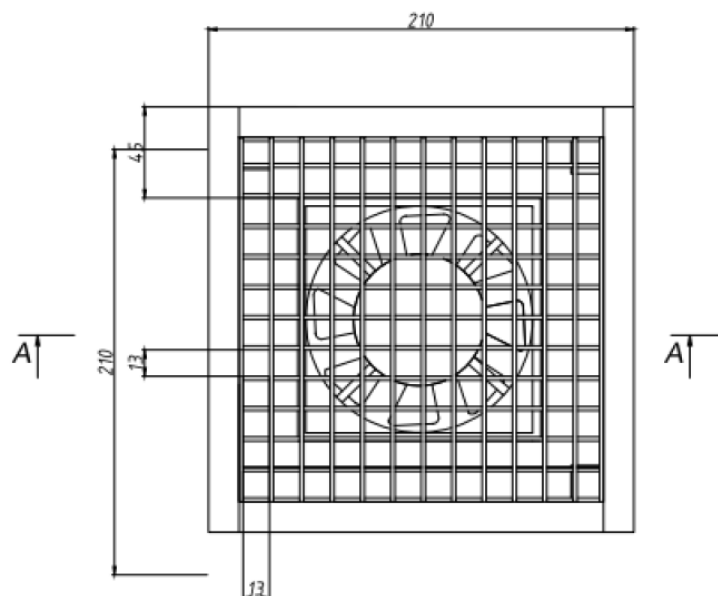
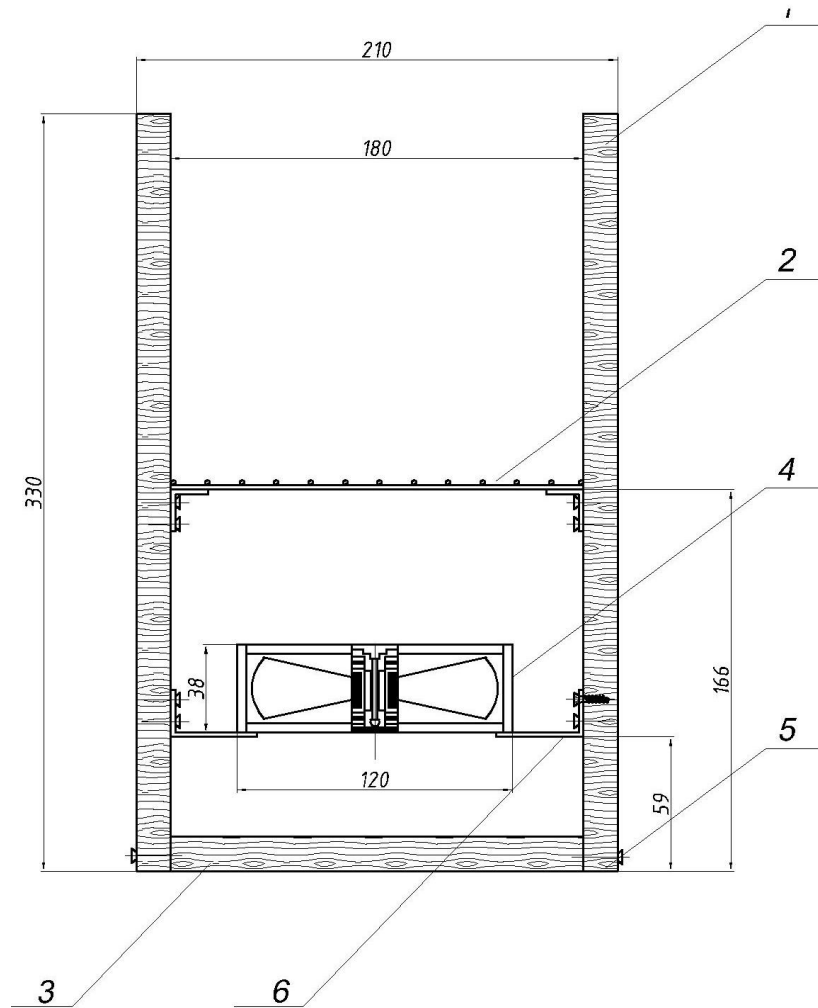
Схема тунеля з металевими пластинами



					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Недільчук				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цвіркун					1	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Омельченко						

Додаток В

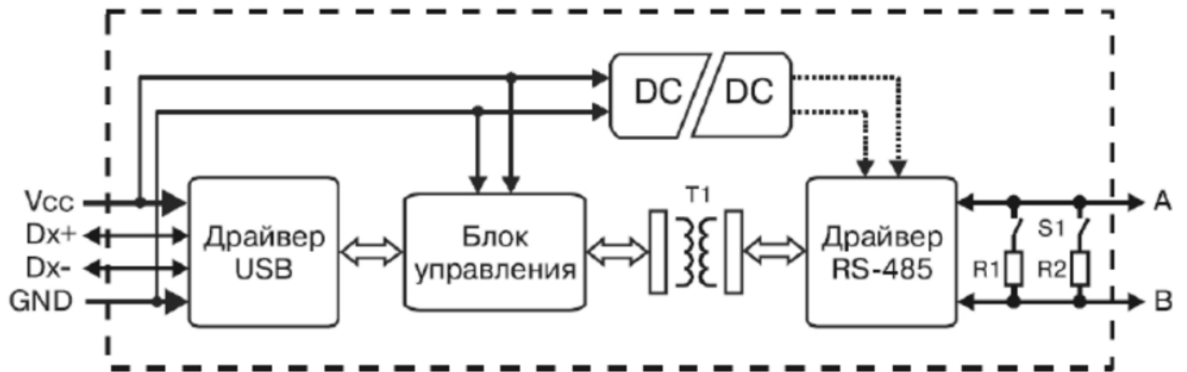
Схема тунель з металевими ґратами



ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Недільчук			
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
Додаток В Схема тунель з металевими ґратами			Літ.	Арк.
				1
			ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО	
			Аркушів	52

Додаток Г

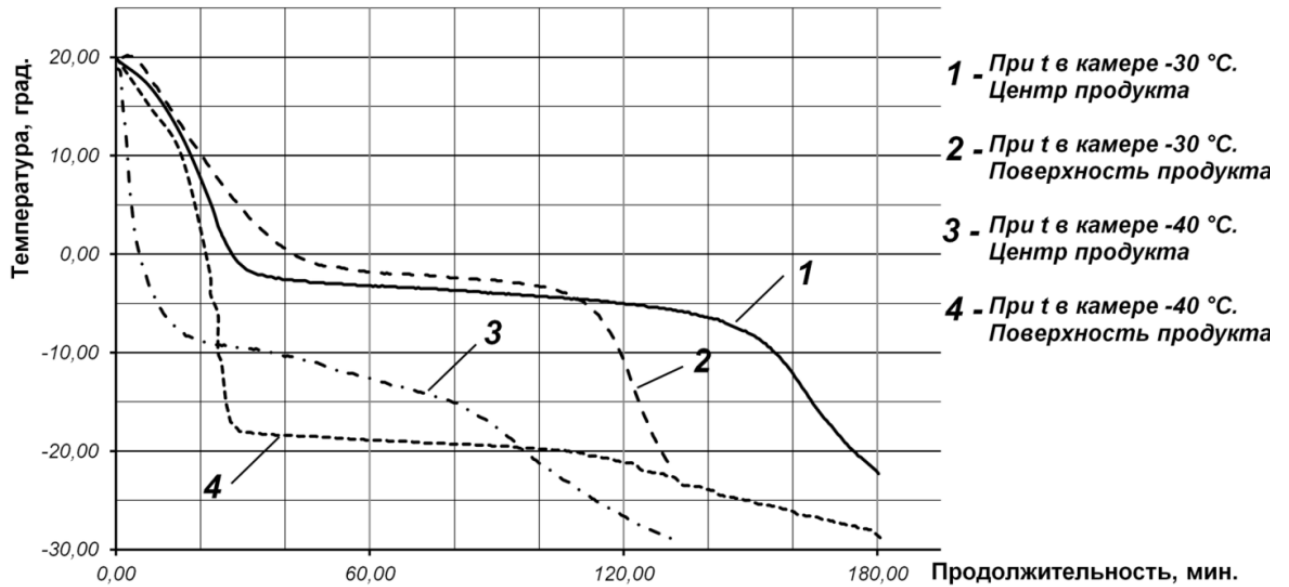
Функціональна схема приладу АС-4



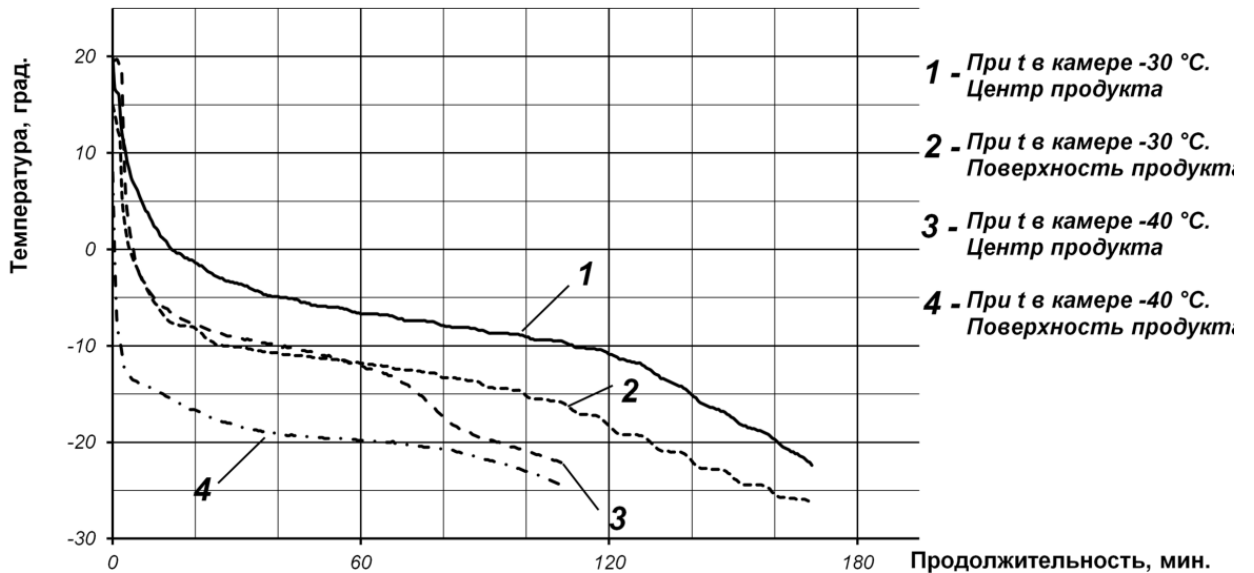
					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Недільчук				Літ.	Арк.	Аркушіє
Перевір.	Цвіркун					1	52
Н. Контр.	Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.	Омельченко						
Додаток Г Функціональна схема приладу АС-4							

Додаток Д

Графік зміни температури в ході заморожування
в потоці повітря



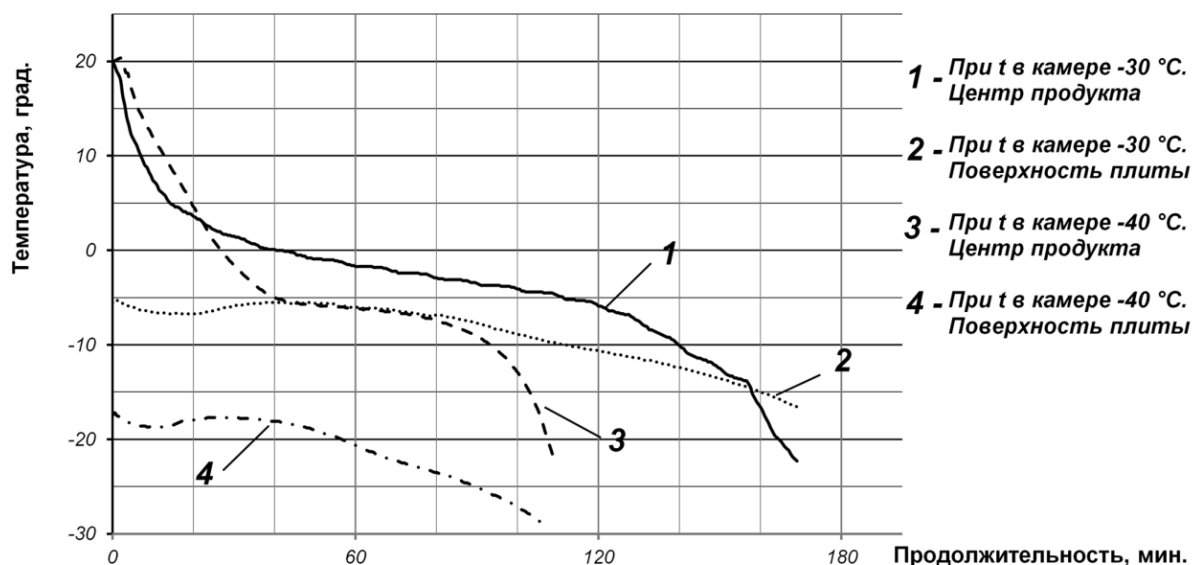
Графік зміни температури в ході заморожування
на металевій плиті



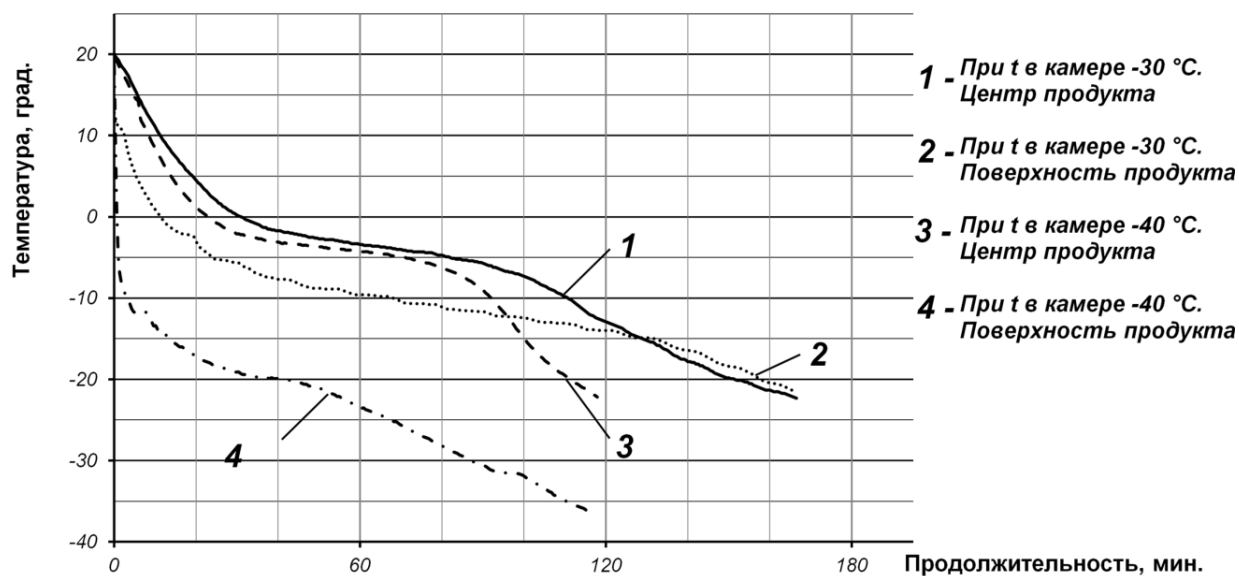
ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Недільчук			
Перевір.	Цвіркун			
Н. Контр.	Омельченко			
Затверд.	Омельченко			
Додаток Д			Літ.	Арк.
Графіки зміни температури в ході заморожування			1	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Додаток Е

Графік зміни температури в ході заморожування між двома металевими плитами



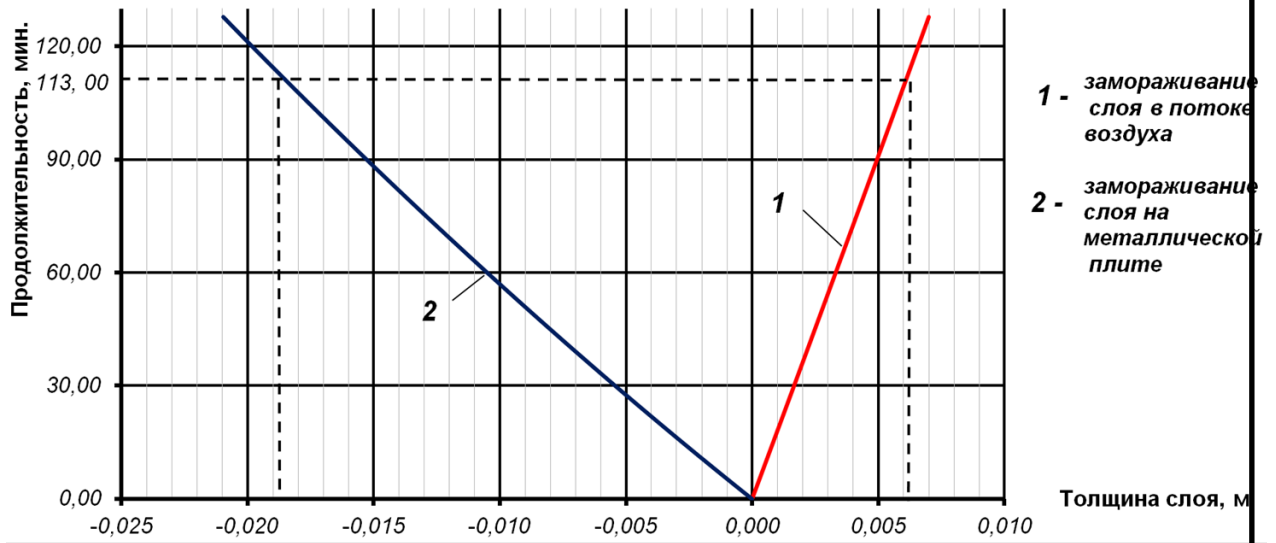
Графік зміни температури в ході конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті



ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Недільчук		
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
Додаток Е				
Графіки зміни температури в ході заморожування				
Літ.	Арк.	Аркуші		
		1	52	
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Додаток Є

Графік тривалості заморожування

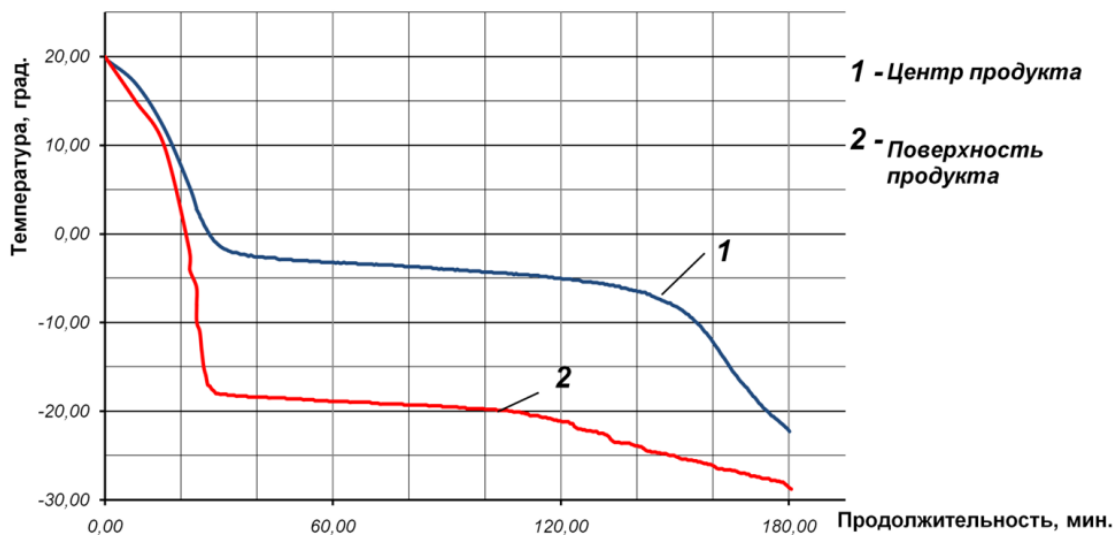


					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додаток Є Графік тривалості заморожування	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Недільчук					1	52
Перевір.		Цвіркун				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Н. Контр.		Омельченко						
Затверд.		Омельченко						

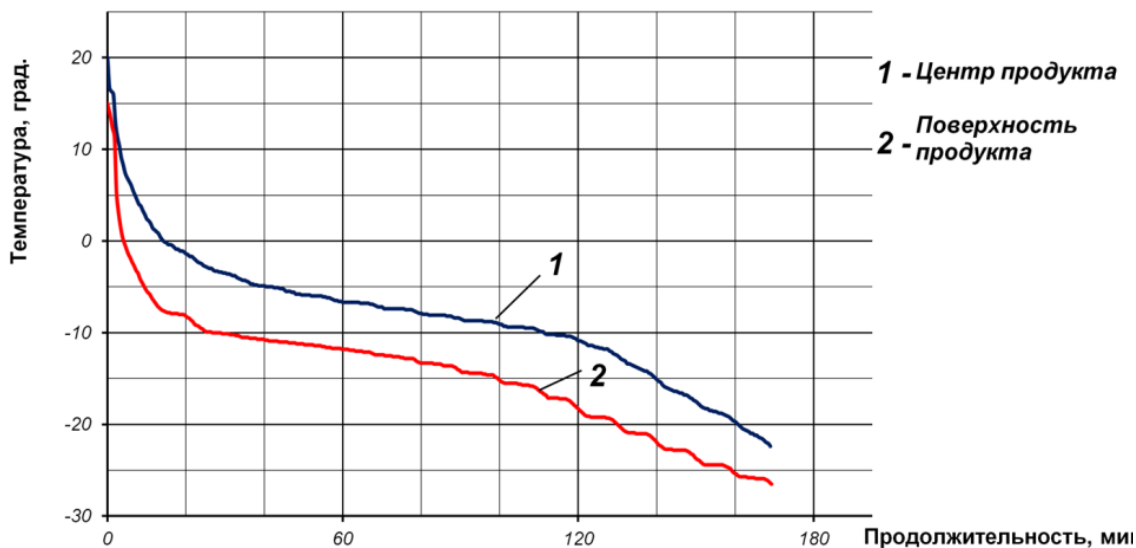
Додаток Ж

Графіки зміни температури при заморожуванні плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Графік зміни температури в потоці повітря

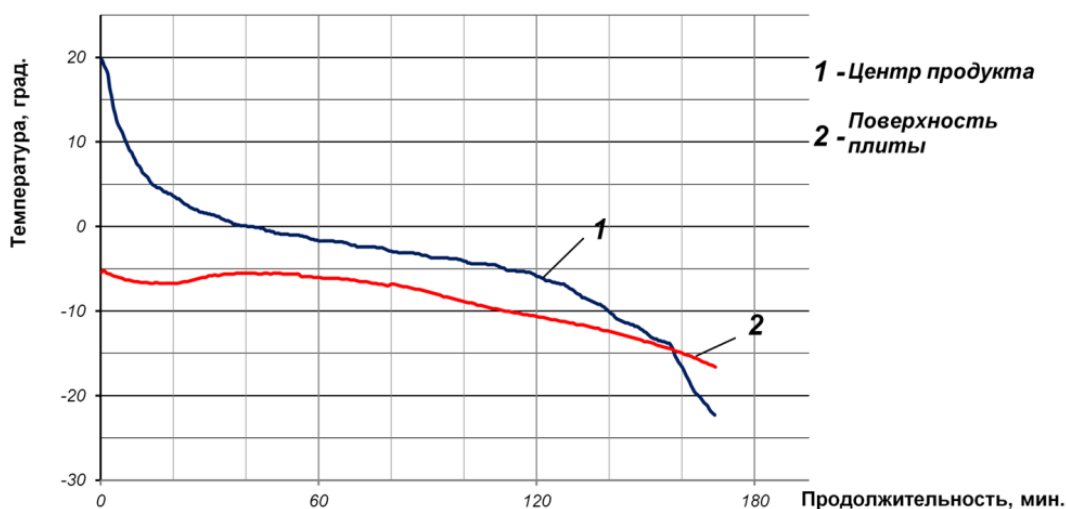


Графік зміни температури в процесі заморожування на металевій плиті

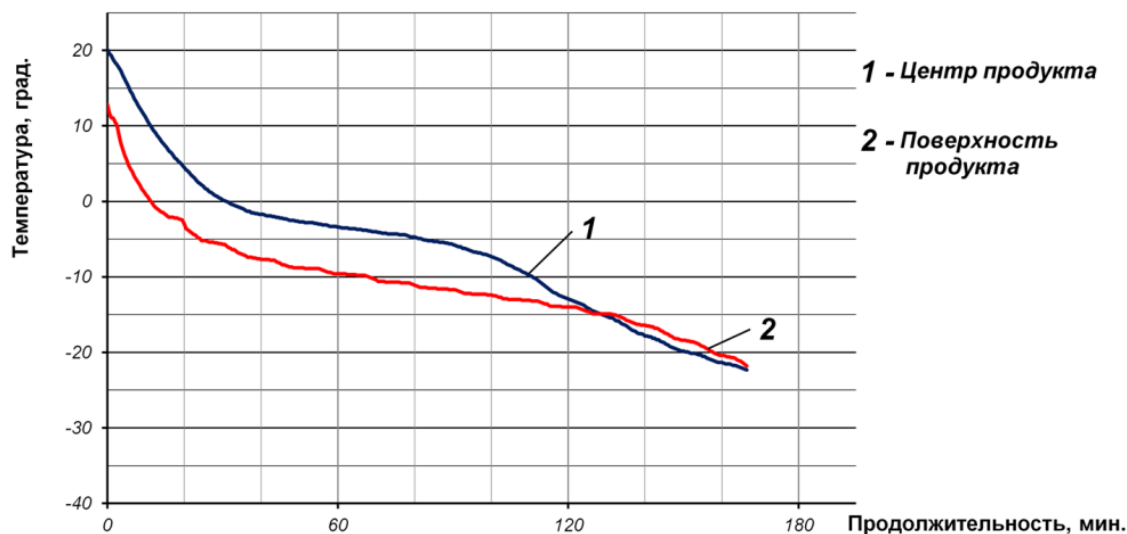


ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
		Недільчук		
		Цвіркун		
		Н. Контр.	Омельченко	
		Затверд.	Омельченко	
Додаток Ж Графіки зміни температури при заморожуванні плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$				
Літ.		Арк.		Аркуші
		2		52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

Графік зміни температури в процесі заморожування між двома металевими плитами



Графік зміни температури в процесі конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті

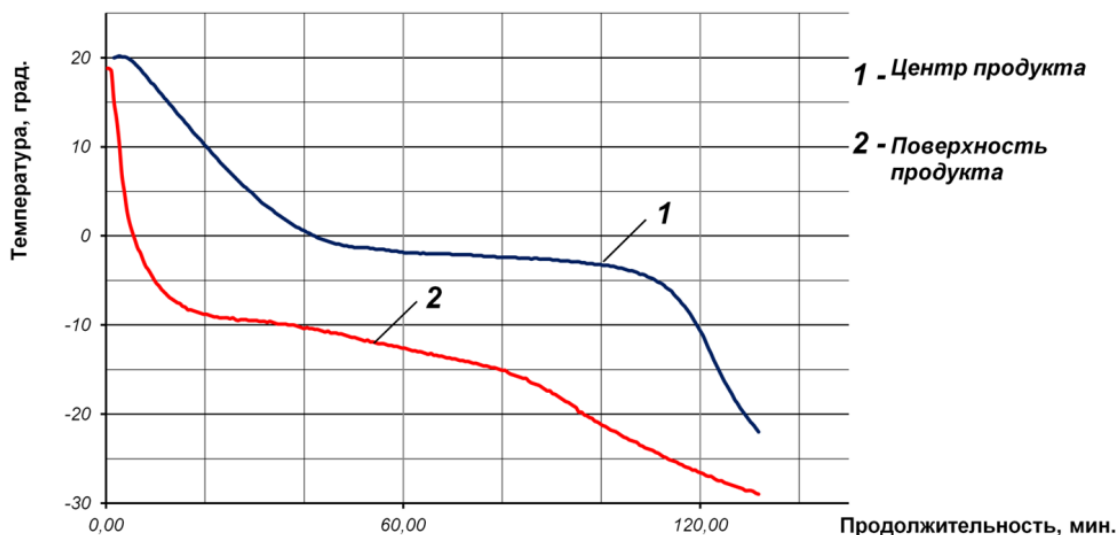


ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Недільчук		
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
Додаток Ж				
Графіки зміни температури при заморожуванні плодовоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі -30 °С				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		2	2	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				

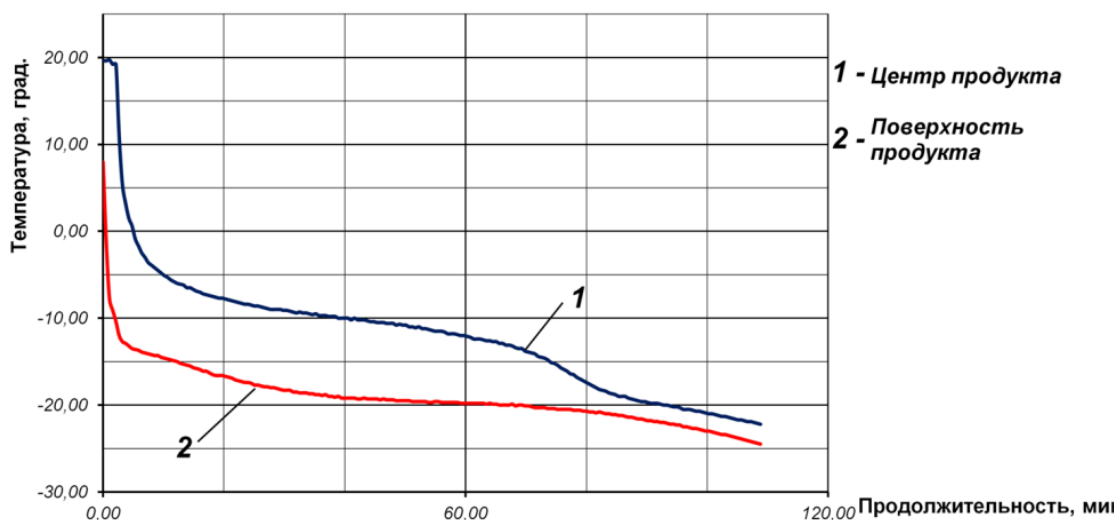
Додаток 3

Графіки зміни температури при заморожуванні плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі – 40°C.

Графік зміни температури в потоці повітря

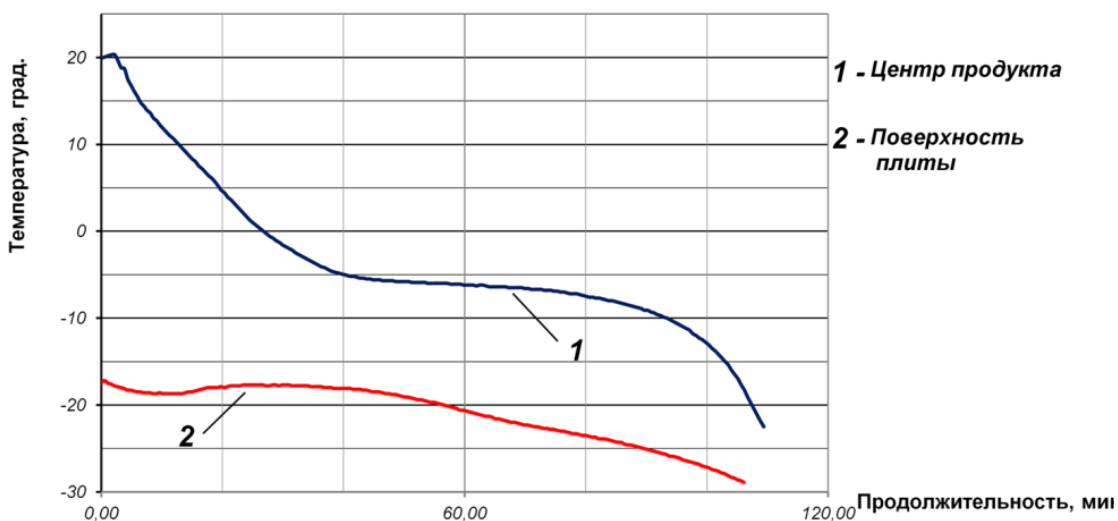


Графік зміни температури в процесі заморожування на металевій плиті

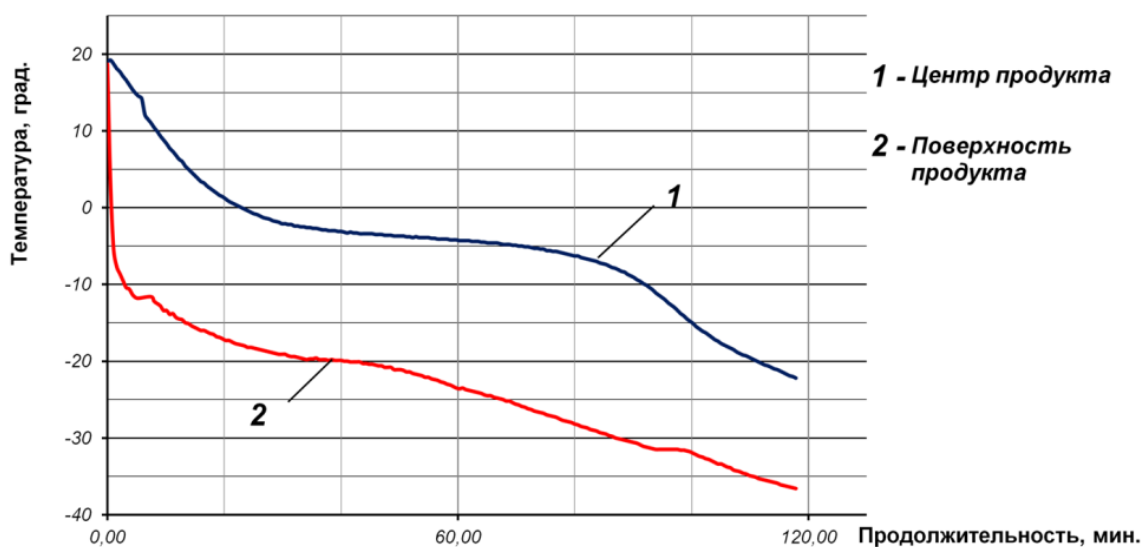


					ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Недільчук			Додаток 3 Графіки зміни температури при заморожуванні плодоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі – 40°C	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цвіркун					2	52
Н. Контр.		Омельченко				ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО		
Затверд.		Омельченко						

Графік зміни температури в процесі заморожування між двома металевими плитами



Графік зміни температури в процесі конвекційного підморожування і доморожування на металевій плиті



ДонНУЕТ.142.ЕМБ-18с.2021.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Недільчук		
Перевір.		Цвіркун		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Омельченко		
Додаток 3 Графіки зміни температури при заморожуванні плодовоовочевої суміші «Гарнір з гарбузом» при температурі – 40°C				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			2	52
ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО				