

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)

« » _____ 2024р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Олександр ГАВВА
(ім'я та прізвище)

« » _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

на тему: «Дослідження реологічних властивостей М'якушки батону та розроблення вакуумного апарату для охолодження з тунельною піччю 25 м²»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-4М

Соколовський Владислав Романович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник Теличкун Володимир Іванович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти Юрій БОЙКО
(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв _____

Освітній ступінь _____

Спеціальність _____ 133 Галузеве машинобудування _____

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв _____

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Олександр ГАВВА

“ _____ ” _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

_____ Соколовський Владислав Романович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження реологічних властивостей М'якушки батону та розроблення вакуумного апарату для охолодження з тунельною піччю 25 м²»

керівник роботи _____ Теличкун Володимир Іванович к.т.н. проф _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “11” листопада 2023 року № 940-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 10 лютого 2023 року

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання; креслення обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Анотація; Вступ; Оцінка технічного устаткування для процесу охолодження готової продукції в хлібопекарській галузі; Лабораторне устаткування та методика досліджень вакуумного охолодження хлібних виробів; Дослідницький аналіз процедури вакуумного охолодження хлібних виробів; Впровадження отриманих результатів досліджень: розробка та створення установки для вакуумного охолодження батонів на лінії виробництва; Технології машинобудування; Охорона праці; Охорона навколишнього середовища; Висновки; Список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу:

Роторний вакуум охолоджувач загальний вид; Фланець роторного вакуум охолоджувача; Циклограма роботи; Вакуум камера Технологічний маршрут.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобу дування	Юрій Бойко		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів	01.12.2023	Виконано
2	Оцінка технічного устаткування для процесу охолодження готової продукції в хлібопекарській галузі.	03.12.2023	Виконано
3	Лабораторне устаткування та методика досліджень вакуумного охолодження хлібних виробів	4.12.2023- 07.12.2023	Виконано
4	Дослідницький аналіз процедури вакуумного охолодження хлібних виробів	08.12.2023- 11.12.2023	Виконано
5	Впровадження отриманих результатів досліджень: розробка та створення установки для вакуумного охолодження батонів на лінії виробництва	11.12.2023- 14.12.2023	Виконано
6	Технології машинобудування	14.12.2023- 17.12.2023	Виконано
7	Охорона праці	17.12.23	
8	Охорона навколишнього середовища	17.12.2023- 20.12.2023	Виконано
10	Висновки; Список використаної літератури	21.01.2024- 22.01.2024	Виконано
11	Графічна частина: 4 аркуши	22.01.2024- 03.02.2024	Виконано
12	Подача ДП на кафедрі	05.02.2024	Виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Владислав СОКОЛОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Володимир ТЕЛИЧКУН
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У магістерській роботі проведено дослідження впливу інтенсивності процесу вакуумного охолодження батону на його якісні характеристики та вивчено взаємозв'язок структурно-механічних властивостей з процесом вакуумного охолодження. Також розглянуто вплив цього методу охолодження на якість готового продукту.

У роботі детально досліджено існуюче обладнання, використовуване для охолодження готової продукції в хлібопекарській промисловості. Об'єктом дослідження є конкретний процес вакуумного охолодження хліба, представлено на прикладі батону, та його вплив на якість готового виробу.

У роботі пропонується альтернативний метод охолодження готових продуктів хлібопекарської галузі, а саме - вакуумне охолодження. Представлено результати досліджень цього процесу, розраховано кількість вологи, яка виділяється з батону під час охолодження в умовах розрідження.

Також визначено структурно-механічні властивості м'якушки батону та їх вплив на інтенсивність процесу вакуумного охолодження. Досліджено вплив вакуумного охолодження на якість готового продукту та визначено оптимальну швидкість створення розрідження у вакуумній камері для досягнення необхідних якісних показників готового охолодженого продукту.

Отримані дані викладено у вигляді розрахунків та графіків, а також розроблено технологічне обладнання для вакуумного охолодження батону масою 0,5 кг в потоці.

Ключові слова: вакуумне охолодження, батон, структурно-механічні властивості, спосіб охолодження.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> АНОТАЦІЯ	200393.ДП.36.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78

ANNOTATION

The master's thesis investigates the influence of the intensity of the vacuum cooling process on the qualitative characteristics of bread and examines the correlation between structural-mechanical properties and the vacuum cooling process. The impact of this cooling method on the quality of the finished product is also considered.

The existing equipment used for cooling finished products in the bakery industry is thoroughly examined in the thesis. The specific process of vacuum cooling bread, exemplified by a loaf, and its effect on the quality of the finished product are the subject of the study.

The thesis proposes an alternative method of cooling finished products in the bakery industry, namely vacuum cooling. The results of research into this process are presented, and the amount of moisture released from the loaf during cooling under vacuum conditions is calculated.

Furthermore, the structural-mechanical properties of the bread crumb and their influence on the intensity of the vacuum cooling process are determined. The effect of vacuum cooling on the quality of the finished product is investigated, and the optimal speed of creating vacuum conditions in the chamber is determined to achieve the necessary quality indicators of the cooled product.

The obtained data are presented in the form of calculations and graphs, and technological equipment for vacuum cooling of a 0.5 kg loaf in a continuous flow is developed.

Keywords: vacuum cooling, loaf, structural-mechanical properties, cooling method.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> АНОТАЦІЯ		200393.ДП.36.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1 Оцінка технічного устаткування для процесу охолодження готової продукції в хлібопекарській галузі.....	8
1.1 Прегляд методів охолодження хліба.....	8
1.2 Основні принципи теорії вакуумного охолодження.....	9
1.3 Огляд обладнання для охолодження свіжозапечених виробів в хлібопекарській галузі.....	16
1.4 Висновки та напрямки подальших досліджень.....	27
РОЗДІЛ 2 Лабораторне устаткування та методика досліджень вакуумного охолодження хлібних виробів.....	30
2.1 Об'єкт дослідження - процес вакуумного охолодження хліба.....	30
2.2 Устаткування для лабораторних досліджень.....	32
РОЗДІЛ 3 Дослідницький аналіз процедури вакуумного охолодження хлібних виробів.....	36
3.1 Аналіз впливу рівня інтенсивності вакуумування на якість готової продукції.....	36
3.2 Дослідження реологічних характеристик м'якучки батону	40
3.3 Теоретичне висвітлення принципів режиму вакуумного охолодження хліба.....	42

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	200393.ДП.36.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78

РОЗДІЛ 4 Впровадження отриманих результатів досліджень: розробка та створення установки для вакуумного охолодження батонів на лінії виробництва.....	48
РОЗДІЛ 5 Технології машинобудування.....	57
РОЗДІЛ 6 Охорона праці.....	60
РОЗДІЛ 7 Охорона навколишнього середовища.....	67
Висновки.....	72
Список використаної літератури.....	73

ВСТУП

У останні часи виробництва харчових продуктів зосереджують увагу на оптимізації технологічних процесів, зниженні енерговитрат і собівартості продукції, розширенні асортименту, інтенсифікації виробничих процесів і зменшенні часу охолодження готової продукції, включаючи підприємства хлібопекарської галузі.

На сьогоднішній день у сфері охолодження продуктів харчової промисловості відбувається значний прогрес. Охолодження готової продукції на підприємствах є одним із найтриваліших і найбільш трудомістких процесів. Це може призводити до численних проблем, таких як велика залежність від ручної праці, потреба у великих виробничих площах для охолодження продукції та відсутність потоковості виробництва.

Дослідження в області охолодження готової продукції ставлять за мету удосконалення технологічних процесів і впровадження більш ефективних методів охолодження. Зокрема, впровадження вакуумного методу охолодження на підприємствах є одним з шляхів інтенсифікації процесу. Цей метод базується на охолодженні продуктів у вакуумі, що сприяє швидшому охолодженню за рахунок адіабатного кипіння вологи у виробі.

Впровадження вакуумного охолодження має значний потенціал у покращенні якості готової продукції хлібопекарської галузі. Воно дозволяє збільшити пористість і об'єм хлібних виробів, а також покращити їхні органолептичні і фізико-хімічні характеристики. Важливо зазначити, що цей метод дозволяє зберегти відповідність до вимог безпеки харчових продуктів та забезпечити їхню стабільність протягом тривалого періоду зберігання.

Метою дослідження є визначення оптимальних параметрів охолодження для хлібних виробів масою 0,5 кг. Вивчається вплив структурно-механічних характеристик м'якушки батону на процес вакуумного охолодження.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Вступ		200393.ДП.36.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ В ХЛІБОПЕКАРСЬКІЙ ГАЛУЗІ

1.1 Прегляд методів охолодження хліба

Охолодження хліба визначає останній етап виробництва хлібобулочних виробів. Цей процес служить для уникнення конденсації упаковки та підвищення транспортабельності готової продукції. Важливою функцією охолодження є також надання механічної міцності продуктам, особливо протягом перших годин після випічки, коли хліб ще чутливий до механічних впливів, таких як різка та упаковка.

Існують три основних методи охолодження хлібобулочних виробів:

1. Природне охолодження: Простий, але тривалий процес, що потребує значних часових і ручних затрат. Призводить до втрат маси від усихання та всихання хліба.

2. Охолодження кондиціонованим повітрям: Скорочує час охолодження та поліпшує інтенсивність, але може спричинити усихання хліба.

3. Вакуумне охолодження: Швидкий та економічний метод, що дозволяє зберегти свіжість продукції. Процес полягає в різкому зниженні температури кипіння за умов вакууму.

Застосування вакуумного охолодження вивчається в харчовій промисловості протягом багатьох років, включаючи український контекст, та є предметом досліджень у Національному університеті харчових технологій. Вакуум-випарне охолодження позитивно впливає на якість хлібобулочних виробів, збільшуючи їхню пористість та термін зберігання завдяки відсутності зараження мікроорганізмами під час охолодження.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Оцінка технічного устаткування для процесу охолодження готової продукції в хлібопекарській галузі	200393.ДП.36.001.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

Необхідно встановити найбільш ефективний спосіб охолодження для різних видів хлібобулочних виробів, особливо коли йдеться про упакування гарячої продукції. У таких випадках може виникнути конденсація та просочення скоринки, що може вплинути на її зовнішній вигляд.

1.2 Основні принципи теорії вакуумного охолодження

Існує два основних способи охолодження: природний і штучний:

1. Природний метод охолодження:

- Цей метод базується на випаровуванні вологи з поверхні продукту, що призводить до його охолодження. Цей процес можна також назвати вакуумним охолодженням.

- У ньому використовується відведення тепла від гарячого продукту за рахунок випаровування вологи з його поверхні.

- Цей метод зазвичай використовується в промисловості, де гарячі продукти поміщають у спеціальні камери або контейнери для охолодження шляхом випаровування вологи.

2. Штучний метод охолодження:

- Цей метод використовується за допомогою спеціальних систем охолодження, таких як холодильні камери або трубчасті охолоджувачі з розсолем.

- У цьому методі охолодження, гарячі продукти піддаються охолодженню шляхом пропускання повітря через їхні камери або труби, де вони охолоджуються за рахунок холодного середовища.

- Цей метод часто використовується у виробництві хліба та інших продуктів для швидкого охолодження та підтримання їхньої свіжості.

3. Вакуумне охолодження:

- Вакуумне охолодження - це метод, що використовується для швидкого охолодження продуктів за рахунок випаровування рідини при низькому тиску. - Під час вакуумного охолодження, температура продукту знижується завдяки випаровуванню рідини, що переходить у паровий стан.

- Зменшення тиску у вакуумній камері викликає зниження температури кипіння води, створюючи ефект охолодження.

- Хоча цей метод дозволяє швидше охолодження, він може збільшити час усихання готового продукту в 1,5-2 рази.

Ці методи охолодження є важливими в харчовій промисловості для забезпечення якості продуктів та підтримання їхньої свіжості.

Звичайний адіабатичний процес є складовою термодинамічного явища, при якому фізична система змінює свою температуру без будь-якого обміну теплом з оточуючим середовищем. Це означає, що жодна теплова енергія не вводиться у систему ззовні, або ж вона не виходить з системи. Такий процес може відбуватися, наприклад, у теплоізолюваному циліндрі з теплоізолюваним поршнем, коли стискається (або розширюється) газ.

У вакуумному випаровуванні речовина випаровується в умовах вакууму, коли тиск над рідиною набагато нижче атмосферного тиску. Це спричиняє зниження температури кипіння рідини, оскільки температура кипіння залежить від тиску. Зменшення тиску у вакуумній камері призводить до зниження температури кипіння рідини, що викликає її випаровування та, як наслідок, охолодження. Цей процес називається адіабатичним, оскільки температура системи змінюється без обміну теплом з оточуючим середовищем.

Вакуумні випарні апарати застосовуються в різних галузях промисловості, зокрема виробництва харчових продуктів і фармацевтики. Вони призначені для проведення процесів варіння, уварювання, випарювання, охолодження і концентрування продукту. Ці процеси дозволяють підвищити харчову цінність продуктів, забезпечити їхнє тривале зберігання і полегшити перевезення. У фармацевтичній галузі вакуумні випарні апарати використовуються для концентрації розчинів, що киплять при високих температурах, зменшення часу процесу і енерговитрат, а також

для обробки розчинів термолабільних речовин, таких як екстракти, настої, гормони, ферменти та інші.

Вакуумне охолодження є ефективним методом для охолодження свіжих овочів і зелені. Цей процес широко застосовується в промисловості, особливо у США, Європі та Китаї. Основна ідея полягає в тому, щоб швидко знизити температуру свіжого продукту з високих значень, наприклад, з 28 °С до 2 °С, використовуючи енергію, витрачену на випаровування води під низьким тиском.

Процес виконується партіями, що означає, що кожна партія продукту охолоджується окремо. Час охолодження однієї партії зазвичай становить від 15 до 30 хвилин. Типове обладнання може обробити кілька тонн продукту за один раз. Часто цей продукт розміщується на піддонах або візках для зручності обробки.

Зменшення вологості продукту на лише 1% може призвести до зниження температури продукту на 6 °С. Процес починається з поміщення продукту у сталеву камеру, після чого вакуумні насоси знижують тиск всередині камери до 4,6 мм рт. ст. При цьому тиску вода починає кипіти при температурі від 20 до 30 мм рт. ст., що призводить до швидкого випаровування вологи і відповідно до охолодження продукту.

Під час кінцевого етапу охолодження тиск в камері залишається на рівні 4,6 мм рт. ст., а вода починає кипіти при температурі 0 °С. Якщо продукт зберігається під таким тиском протягом тривалого часу, він може охолонути до 0 °С.

Втрати вологи під час охолодження зазвичай становлять від 2 до 4% ваги продукту, що може залежати від початкової температури продукту. Обприскування водою перед початком охолодження може допомогти зменшити втрати вологи.



Рис 1.1 Камера для вакуумного охолодження листових овочів, фруктів, зрізаних квітів та салатів.

Звичайний цикл вакуумного охолодження може бути розглянутий більш детально:

1. Завантаження продукту у вакуумну камеру: Початковий етап полягає у розміщенні рослинної або іншої продукції у вакуумній камері, яка призначена для проведення процесу охолодження.

2. Закриття камери та утворення герметичного середовища: Після завантаження продукту двері вакуумної камери закриваються, створюючи герметичне середовище, щоб запобігти втечі вакууму під час процесу.

3. Відкачування повітря і зниження тиску: Вакуумний насос увімкнено, і починається відкачування повітря з камери. Тиск у камері поступово знижується до рівня, необхідного для початку випаровування вологи з продукту.

4. Початок випаровування: Коли досягається певний тиск в камері, що відповідає температурі кипіння води у продукті, починається процес випаровування вологи з продукту.

5. Продовження процесу випаровування і охолодження: Випаровування триває, а тиск продовжує знижуватися, забезпечуючи подальше охолодження продукту.

6. Досягнення необхідної температури охолодження: Процес триває, поки температура продукту не досягне бажаного рівня для зберігання або подальшої обробки.

7. Зупинка процесу та відновлення тиску: Після досягнення необхідної температури охолодження процес вимикається, і вентиляційний клапан відчиняється, щоб дозволити повітрю повернутися до камери.

8. Видалення продукту із камери: Завершальний етап полягає у видаленні охолодженого продукту з вакуумної камери для подальшого використання, зберігання або продажу.

Цей процес забезпечує швидке і ефективно охолодження продукту, зберігаючи його якість і тривалий термін придатності.

Модульоване вакуумне охолодження хлібобулочних виробів є технологією, що була розроблена у Сполученому Королівстві більше 40 років тому. Воно використовувалося переважно для охолодження великих хлібів та пирогів. Однак, незважаючи на свій потенційний великий вигідний резерв, цей метод не здобув широкого застосування в хлібопекарній галузі через складність контролю параметрів процесу та необхідність індивідуального налаштування для кожного типу та рецептури виробу.

Фізично модульоване вакуумне охолодження базується на зв'язку між тиском та точкою кипіння води. Процес полягає у створенні вакууму у закритій камері, що призводить до зниження точки кипіння рідини. Це в свою чергу призводить до випаровування вологи з продукту, що перебуває у камері. Випаровування вологи відбирає тепло з продукту, що призводить до його охолодження всередині. Графік (рис. 1.2) ілюструє залежність температури кипіння води від тиску.

Таким чином, модульоване вакуумне охолодження є ефективним методом охолодження хлібобулочних виробів, який може допомогти забезпечити якість та тривалий термін зберігання продуктів.

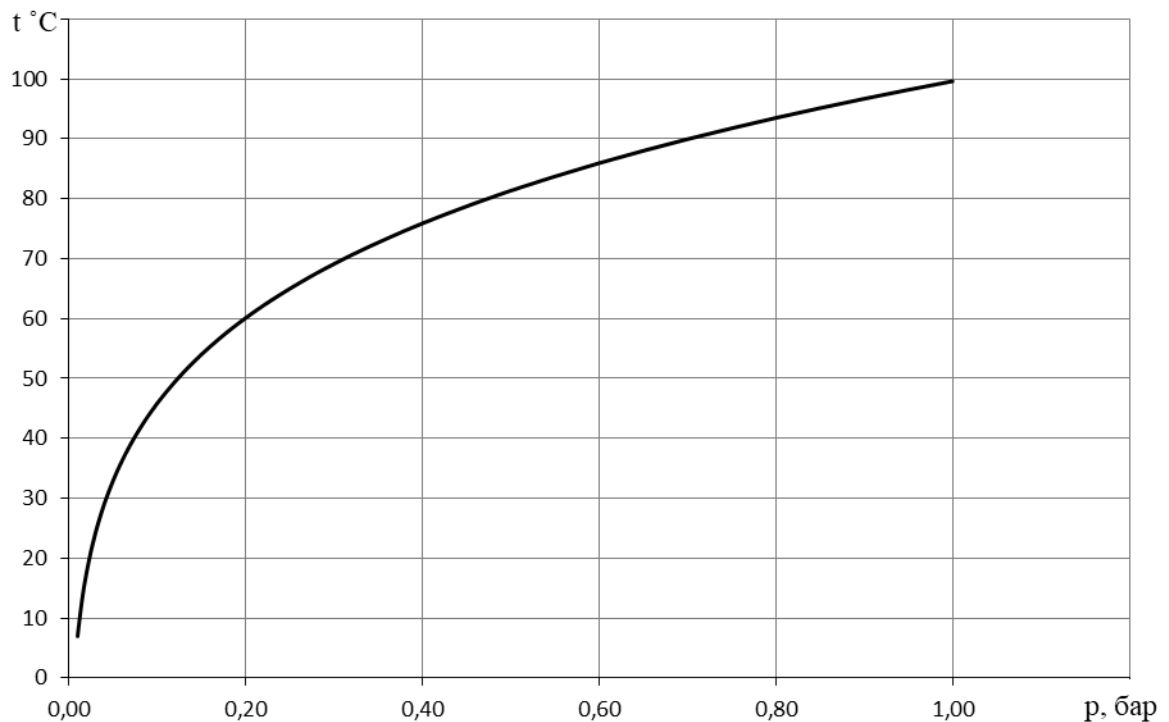


Рис. 1.2 графік залежності температури кипіння води від тиску

Під час вакуумного охолодження хліба спочатку створюється низький тиск у вакуумній камері. Це призводить до зниження тиску, який змушує температуру кипіння води в хлібному виробі також зменшуватися. Цей процес відомий як адіабатне кипіння, де волога з поверхні хлібного виробу випаровується, беручи з собою тепло, що прискорює охолодження продукту.

Розрахунок витрати паро-повітряної суміші є важливою частиною цього процесу, оскільки він дозволяє точно визначити об'єм та масу пари та повітря в камері в залежності від параметрів, таких як тиск та температура. Ці дані відіграють ключову роль у забезпеченні ефективного охолодження хлібобулочних виробів і контролі їх якості.

Оцінка кількості води, яка випаровується з готової продукції, виражена у кілограмах.

$$w = \frac{q}{r}$$

Де енергія, необхідна для фазового переходу води у пар (адіабатне кипіння) при охолодженні сировини від 100 до 30 °С, виражена у кількості кіло-джоулів на кілограм продукту.

$$q = (c_{cp}g_{cp} + c_v g_{в.х.})(t_m - t_{хол.хліба}) + c_{cp}g_{ск}(t_{ск} - t_m)$$

де:

q – Кількість енергії, необхідна для охолодження одиниці маси хліба, виражена у кількості кіло-джоулів на кілограм продукту.;

c_{cp} – Теплоємність на одиницю маси сухої речовини хліба може бути переформульована як тепло, що потрібно для нагрівання або охолодження одиниці маси сухого хліба, кДж/(кг · °С).

g_{cp} – Кількість сухої речовини в хлібі або тісті розраховується відповідно до вказаної формули.:

$$g_{cp} = \frac{100 - W_x}{100}$$

W_x – вологовміст свіжовипеченого хліба;

c_v – Теплоємність води виражається як питома теплоємність., кДж/(кг · °С);

$g_{в.х.}$ – Вологовміст хліба (тіста) при початковому розміщенні в піч.,

$$g_{в.х.} = \frac{W_x}{100}$$

$g_{ск}$ – маса скоринки:

$$g_{ск} = \frac{g_{уп} \cdot g_{cp}}{g_{в.х}}$$

$g_{уп}$ – Кількість вологи, яка випаровується з хліба під час його пекарського процесу. кг;

t_m – Температура внутрішньої частини свіже випеченого хліба., °С;

$t_{хол.хліба}$ – Температура остиглого хліба., °С;

t_{ck} – Середній температурний показник скоринки обчислюється шляхом знаходження середнього значення температур різних шарів скоринки, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{ск.} = \frac{t_{ck} + 100}{2}$$

\bar{r} - Середнє значення теплоти фазового переходу залежить від тиску (або температури):

$$\bar{r} = \frac{r_{100} + r_{30}}{2}$$

При 100°C $r = 2257.2$ кДж/кг

При 30°C $r = 2430,2$ кДж/кг

Розрахунок витрат паро-повітряної суміші в ході вакуумного охолодження хліба полягає у визначенні кількості пари, яка випаровується з хліба, та об'єму, який займає ця пара в залежності від тиску та температури. Це дозволяє зрозуміти, як ефективно відбувається процес охолодження та які фактори впливають на його результат. Детальний розрахунок цих параметрів допомагає визначити оптимальні умови для охолодження хліба, забезпечуючи якість та ефективність процесу.

1.3 Огляд обладнання для охолодження свіжозапечених виробів в хлібопекарській галузі.

Охолодження природним (конвективним) способом

Більшість сучасних підприємств, що займаються виробництвом хлібобулочних виробів, використовують спосіб охолодження продукції, який ґрунтується на конвективному теплообміні з оточуючим середовищем. Це означає, що хліб охолоджується за рахунок передачі тепла між його поверхнею та повітрям навколо нього.

Основна перевага цього методу полягає в тому, що він не потребує додаткових енергетичних витрат. Температура, до якої охолоджується хліб, і швидкість цього процесу залежать від температури навколишнього

середовища. Це означає, що природні умови можуть контролювати процес охолодження.

Вагонетка, яка використовується для цієї операції (зображена на рисунку 1.3/4), призначена не лише для охолодження, але й для зберігання та транспортування готових хлібобулочних виробів. Вона зазвичай оснащена дерев'яними або пластиковими лотками, на яких розміщується хліб для подальшої обробки або продажу.



Рис 1.3/4.Вагонетка

Звичайний метод охолодження хліба природним конвективним способом - це процес, коли готові хлібні вироби розміщуються на вагонетках або стійках та залишаються в приміщенні для охолодження. Охолодження відбувається завдяки природній конвекції повітря, яка відбувається в приміщенні. Однак цей процес має свої особливості та недоліки:

1) Тривалість процесу: Час охолодження може значно варіюватися від 2,5 до 6 годин в залежності від кількості та масштабів виробництва, а також умов приміщення. Великі партії хліба можуть вимагати більш тривалого періоду охолодження.

2) Вимоги до простору: Для організації процесу охолодження потрібно достатньо великий простір, оскільки хлібні вироби розміщуються на вагонетках або стійках і займають певну площу.

3) Ризик бактеріального забруднення: Під час тривалого перебування виробів у приміщенні збільшується ризик бактеріального забруднення,

оскільки вони піддаються впливу навколишнього середовища. Це може призвести до погіршення якості та безпеки хліба.

4) Контроль умов: Необхідно постійно контролювати температуру та вологість у приміщенні, особливо влітку, щоб уникнути негативного впливу на якість та безпеку хліба. Це може вимагати додаткових зусиль та ресурсів з боку персоналу.

Охолодження за допомогою кондиціонованого повітря

Звичайний процес охолодження хліба включає в себе використання конвеєрних охолоджувачів, які встановлюються після печі. Ці охолоджувачі забезпечують автоматичне охолодження продукту шляхом подачі кондиціонованого повітря, яке рухається по конвеєру.

Процес відбувається у два етапи:

1. Видалення тепла з гарячого виробу: Гарячий хліб після випікання переноситься на конвеєрний охолоджувач, де йому подається кондиціоноване повітря. Це гаряче повітря вбирає тепло з хліба, що прискорює процес охолодження.

2. Загальне охолодження: Після видалення основної частини тепла з гарячого хліба, він проходить через зону, де йому подається повітря з нижчою температурою, щоб досягти бажаної кінцевої температури охолодження.

Для підвищення ефективності охолодження та зменшення усихання продукту використовуються два потоки повітря. Перший потік направляється безпосередньо на гарячий хліб, а другий - на всю партію хліба, знижуючи загальну температуру навколишнього середовища. Це дозволяє підтримувати високу швидкість охолодження та запобігає усиханню хліба.

Оптимальні параметри подачі повітря, як правило, становлять температура в межах 15-18°C та відносна вологість повітря у діапазоні 90-95%. Це допомагає зберегти вологу в хлібі і запобігти його пересушуванню під час охолодження.

Пасивні методи охолодження, такі як використання конвеєрних стрічок над виробничими ділянками, не так ефективні як конвеєрні охолоджувачі з системами кондиціонування та зволоження повітря. Тому вони менше поширені в хлібопекарській галузі.

Охолоджувальний конвеєр КОХ-2 рис. 1.5



Рис 1.5 охолоджувальний конвеєр КОХ-2

Технічні характеристики

Кількість модулів – 2–12

Установлена потужність – 4–9 кВт

Габаритні розміри – 8500x1000x400

Час охолодження – 35 хв.

Продуктивність - 250-270 кг/год

Зважаючи на технологічні вимоги та потреби виробництва, використання конвеєрів з кулерами у хлібопекарській галузі стало досить поширеним. Ось детальніше про переваги цього підходу:

1. Рівномірне охолодження виробів: Конвеєрний охолоджувач забезпечує однакове охолодження кожного виробу, що проходить через нього. Це важливо для забезпечення однакової якості продукції, адже нерівномірне охолодження може призвести до недоліків у структурі або смакових якостях виробу.

2. Мінімізація ризику бактеріального забруднення: Швидке охолодження виробів на конвеєрі дозволяє уникнути тривалого контакту з навколишнім середовищем, де можуть розвиватися шкідливі мікроорганізми. Це сприяє збереженню свіжості та безпеки продукції.

3. Ефективне використання простору: Інтеграція охолоджувачів безпосередньо на конвеєрах дозволяє ефективно використовувати виробничі площі. Такий підхід дозволяє оптимізувати простір у виробничих приміщеннях, що може бути важливим для підприємств з обмеженими ресурсами.

4. Автоматизація та прискорення процесів: Використання конвеєрів з кулерами дозволяє автоматизувати заключні етапи виробничого процесу. Це спрощує робочі процеси, зменшує витрати робочої сили та прискорює час виготовлення продукції.

5. Підвищення якості та стабільності продукції: Завдяки стандартизації та автоматизації процесів, виробництво стає більш стабільним, а якість продукції залишається постійною. Це сприяє підвищенню задоволення клієнтів та збільшенню довіри до бренду.

Колисковий кулер КЛ-1 рис 1.6

Звичайний колисковий кулер, такий як модель КЛ-1, є ключовим компонентом у виробничому процесі після випікання хлібобулочних виробів у тунельній печі. Основна мета кулера полягає в швидкому та рівномірному охолодженні великої кількості хлібин перед подальшими етапами обробки.

1. Транспортний конвеєр: Цей елемент відповідає за вивіз хлібин з печі та їх подальше переміщення до кулера для охолодження. Транспортний конвеєр забезпечує безперервний рух хлібобулочних виробів та їх надійний транспорт.

2. Завантажувально-розвантажувальний блок: Ця частина обладнання використовує пневматичну систему для завантаження хлібин у колиски для охолодження та вивантаження охолоджених виробів на наступну стадію

обробки. Цей процес є автоматизованим та дозволяє швидко та ефективно переміщувати продукцію.

3. Основний конвеєр кулера: Цей конвеєр складається з ланцюгового транспортера, на якому розташовані спеціальні коліскові пристрої. Ці пристрої відповідають за переміщення хлібобулочних виробів через кулер, де відбувається охолодження.

4. Каркас кулера: Ця конструкція забезпечує монтаж та стабільність всіх компонентів кулера у виробничому приміщенні. Каркас є важливим елементом, що гарантує правильне розміщення та функціонування кожної частини обладнання.

5. Вентиляційна система: Для забезпечення ефективного охолодження використовується спеціальна система вентиляції. Вона розподіляє охолоджуюче повітря всередині кулера та відводить нагріте повітря, що утворюється в процесі охолодження, забезпечуючи стабільну температуру та вологість.

6. Система кондиціонування та охолодження: Ця система відповідає за підтримку необхідних параметрів температури та вологості всередині кулера. Вона регулює температуру та забезпечує подачу охолодженого повітря для ефективного охолодження продуктів.

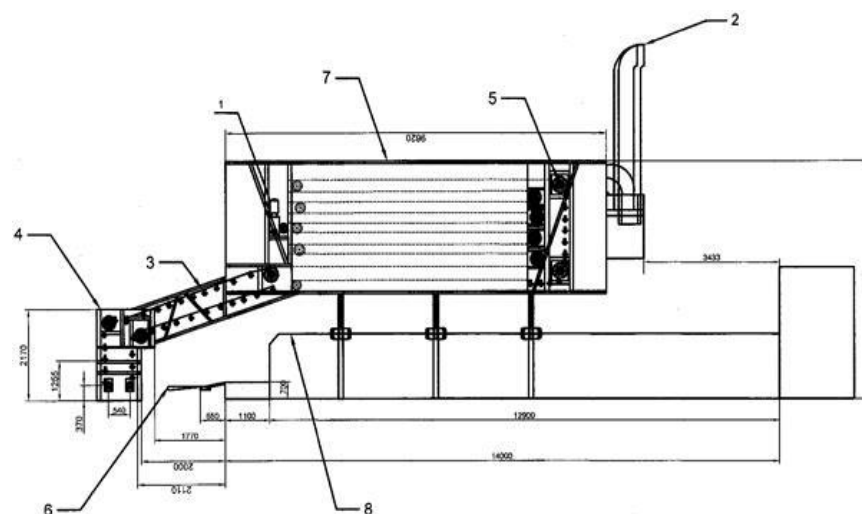


Рис. 1.6 Колісковий кулер для охолодження

Кулер КЛ-1 призначений для охолодження 2400 хлібин масою по 0,5 кг протягом 55-60 хвилин і є важливою складовою виробничого процесу, яка дозволяє автоматизувати та швидко охолоджувати великі обсяги випічки хлібобулочних виробів.

Спіральний конвеєр Рис. 1.7

Конвеєрні охолоджувачі спірального типу є одним із найпопулярніших методів охолодження хліба у виробництві хлібобулочних виробів. Вони поєднують в собі функцію охолодження продукту та його транспортування до ділянок нарізання та упаковки. Основні переваги цього типу конвеєрів - швидкість та якість охолодження, компактність та енергоефективність.

Процес охолодження на конвеєрному охолоджувачі можна розділити на два основних етапи:

1. Охолодження на підйомній частині конвеєрного пристрою: Гарячі хлібні вироби, щойно вийняті з печі, подаються на підйомну частину конвеєра, де вони поступово охолоджуються за рахунок природного циркуляційного повітря всередині приміщення.

2. Охолодження в холодильній камері: Після першого етапу охолодження, хлібобулочні вироби надходять до холодильної камери, де встановлені оптимальні температурні параметри та швидкість руху повітря. У цій камері продукти охолоджуються до необхідної температури, що допомагає запобігти їх надмірному усиханню та забезпечує якісне збереження.

Після завершення процесу охолодження, готові хлібобулочні вироби автоматично транспортуються на ділянки нарізання та упаковки за допомогою транспортерних стрічок.

Система конвеєра складається з кількох ключових компонентів:

1. Двократний спіральний конвеєр: Цей конвеєр має спеціальну конструкцію, що дозволяє охолоджувати продукцію на двох рівнях одночасно.

Він забезпечує транспортування хлібобулочних виробів під час охолодження та допомагає у забезпеченні рівномірного охолодження.

2. Холодильна камера: Це спеціальне приміщення або зона, де здійснюється процес охолодження. Холодильна камера забезпечує контрольовані умови температури та вологості, необхідні для ефективного охолодження продукції.

3. Охолоджувальний агрегат: Це пристрій або система, яка відповідає за охолодження повітря, що циркулює у холодильній камері. Він забезпечує подачу холодного повітря для зниження температури продукції.

4. Додаткові транспортери: Ці транспортери використовуються для транспортування продукції до та після проходження процесу охолодження. Вони можуть мати різні типи, такі як прямі, поворотні, підйомні або опускні, щоб відповідати конкретним потребам виробництва.



Рис. 1.7 Спіральний конвеєр

Переваги використання спірального конвеєра для охолодження хліба включають високу швидкість охолодження, автоматизований процес виробництва, гнучкість у роботі з різними видами продукції та компактні розміри. Відносна вологість повітря у холодильній камері і витрата води для

зволоження є ключовими параметрами, які впливають на якість охолодження та збереження хлібобулочних виробів.

Обладнання для вакуумного охолодження хліба

Звичайний процес охолодження хліба зазвичай займає кілька годин і вимагає значного часу та енергії. Проте вакуумне охолодження пропонує більш ефективний та швидкий метод. Основна ідея полягає у створенні низького тиску у спеціальній вакуумній камері, що призводить до падіння температури кипіння води. Це дозволяє хлібу остигати швидше.

Процес вакуумного охолодження включає наступні кроки:

1. Гарячі хлібні вироби, щойно вийняті з печі, розміщуються на спеціальних транспортних лотках або візках.

2. Лотки з хлібом направляються у вакуумну камеру, де тиск знижується до необхідного рівня.

3. Зниження тиску призводить до того, що вода, яка міститься у хлібі, починає кипіти при низькій температурі, відбираючи тепло з продукту. Цей процес відомий як адіабатне кипіння.

4. В результаті адіабатного кипіння волога випаровується з хліба, що сприяє його охолодженню.

5. Після декількох хвилин відповідного вакуумування, хліб остигає, і надлишки вільної вологи видаляються.

6. Хліб, охолоджений вакуумом, готовий для наступних етапів обробки, таких як пакування, нарізання або продаж.

Цей метод не тільки значно скорочує час охолодження хліба, але й допомагає зберегти його якість і свіжість. Крім того, вакуумне охолодження може бути економічно вигідним, оскільки дозволяє зменшити витрати енергії та часу в порівнянні з традиційними методами охолодження.

Існуюче обладнання для вакуумного охолодження хліба:

Камера для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів.

Revent VC200W (рис 1.9)



Рис 1.8. Камера для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів -
Revent VC200W

Технічні характеристики камери для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів - Revent VC200W:

- Максимальне завантаження – 200 кг.
- Максимально використовувана площа – 820x1000 мм.
- Кількість візків з виробами – 1 шт.
- Потужність вакуум-насоса – 22 кВт
- Підключення – 400V/50Hz
- Загальна вага – 1100 кг.

Камера для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів - Охолоджувач хліба BO 1 (рис 1.9)



Рис. 1.10. Камера для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів -
Охолоджувач хліба ВО 1

Технічні характеристики камери для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів - Охолоджувач хліба ВО 1:

- Час охолодження 3-6 хв
- Максимальна маса продукту за цикл – 160 кг.
- Потужність установки – 4,5 кВт
- Загальна вага – 2100 кг.
- Об'єм камери - 2,5 куб метра
- габаритні розміри та розміри вагонеток – під замовлення

Принцип роботи камер для вакуумного охолодження хлібобулочних виробів: Revent VC200W, Охолоджувач хліба ВО 1:

Гарячі вироби хліба, що знаходяться на вагонетках, вивозяться в вакуумну камеру. Тут створюється низький тиск шляхом відкачування повітря. Під впливом цього негативного тиску розпочинається процес адіабатного кипіння води, що міститься у гарячих хлібобулочних виробах. Під

час кипіння вода переходить у парову фазу, а для цього вона забирає тепло від навколишнього середовища та самого продукту, викликаючи охолодження. Цей процес дозволяє швидко відбирати тепло з хліба, знижуючи температуру його поверхні і внутрішнього серцевинного шару.

Тривалість охолодження залежить від кількох факторів, включаючи масу кожного виробу, його рецептуру (склад і співвідношення інгредієнтів) та пористість (газопроникність) структури. Хоча зазвичай процес займає від 3 до 6 хвилин, можливі варіації в часі охолодження відбуваються в залежності від цих факторів.

1.4 Висновки та напрямки подальших досліджень

Традиційні методи охолодження харчових продуктів, які використовуються широко, не завжди ефективні для проміжного охолодження. Це через обмеження низькою температурою оточуючого середовища, яка повинна залишатися позитивною, щоб уникнути заморожування продукту. Проблеми виникають на останній стадії охолодження через нерівномірний перепад температур, що може призвести до значної усушки продукту та нерівномірного розподілу вологи в його масі. Це, в свою чергу, може спричинити погіршення умов зберігання та відхилення від стандартів якості продукту з фізико-хімічних та органолептичних показників.

Вакуумне охолодження виступає альтернативою традиційним методам. В цьому процесі вологий охолоджений продукт виступає як самостійний регульований по температурі холодоносії. Для проведення вакуумного охолодження потрібно мати лише достатню пористість продукту, що дозволяє утвореним всередині капілярно-пористого тіла парові відділятися разом з відкачуванням повітрям.

У процесі вакуумного охолодження частина води, що міститься у продукті, випаровується, що призводить до скорочення часу випікання. Це можливо завдяки відокремленню надлишкової вологи під час вакуумного

охолодження, що зменшує витрати енергії на випікання. Це призводить до скорочення часу випікання продукту на 20-30%, залежно від його типу. Однак для досягнення оптимального результату важливо забезпечити повне завершення процесу клейстеризації крохмалю, щоб м'якуш став повністю сформованим.

Під час вакуумного охолодження, термін зберігання хліба збільшується завдяки специфіці процесу. У цьому методі, скоринка хліба, маючи менше вологи, швидко усихає, що сприяє подовженню терміну зберігання. Це можливо через зменшення кількості вологи у верхньому шарі скоринки, що запобігає її швидкому висиханню під час зберігання. Важливо відзначити, що при адіабатичному охолодженні, коли хліб охолоджується на повітрі, випаровування відбувається одночасно як у скоринці, так і у м'якущі. Однак, у випадку вакуумного охолодження, скоринка практично не містить вологи і функціонує як захисна оболонка, яка допомагає утримувати вологу у м'якуші. Це призводить до того, що м'якуш залишається свіжим і соковитим протягом тривалого часу, тоді як скоринка стає хрусткою і має приємний аромат підсмаження. Цей підхід підвищує якість і термін зберігання хліба без необхідності упаковки.

У традиційних методах охолодження, продукція піддається впливу сприятливого для росту мікроорганізмів діапазону температур, який зазвичай коливається від 60 до 90 хвилин. Цей час визначається як вагою тістових заготовок, так і температурою оточуючого середовища. Якщо випічка залишається на гарячих деках, процес охолодження відбувається ще повільніше через менш ефективний теплообмін. Впровадження вакуумного охолодження передбачає перегляд і зміни в існуючих виробничих процесах, починаючи з етапу замішування тіста. Однією з ключових змін є обмеження збільшення вмісту води у тісті через обмежену можливість обробки м'якого та вологого тіста. Однак, скорочення часу випікання при використанні вакуумного охолодження призводить до підвищення продуктивності печі

порівняно з традиційними методами виробництва. Наприклад, при скороченні часу випікання на 30%, виробничі потужності можуть бути збільшені до 42%, що сприяє покращенню економічних показників виробництва.

Звичайний процес охолодження хлібобулочних виробів, такий як хліб, має свої обмеження, особливо щодо забезпечення якості і тривалості зберігання продукту. Традиційні методи охолодження, як правило, використовують низьку температуру, щоб уникнути заморожування, але це може призводити до нерівномірного розподілу вологи в продукті та втрати його якості. Вакуумне охолодження вирішує ці проблеми, створюючи оптимальні умови для швидкого та рівномірного охолодження продукту.

У процесі вакуумного охолодження гарячі хлібні вироби розміщуються у спеціальній камері, де створюється вакуумний середовище. Це відводить тепло від продукту, забезпечуючи швидке охолодження. Водяна волога, що міститься у продукті, починає кипіти через адіабатний ефект, що забирає тепло із самого продукту. Цей процес дозволяє охолодити хліб швидко і рівномірно, забезпечуючи йому при цьому довший термін зберігання та високу якість.

Після вакуумного охолодження хліб можна подрізати, заморожувати і пакувати для подальшого використання. Це дозволяє зберігати продукт умовах вакууму, що дозволяє ефективно використовувати виробничі площі і забезпечує безпечний транспорт продукту.

Проте важливо враховувати, що використання вакуумного охолодження вимагає додаткових досліджень для встановлення оптимальних параметрів процесу. Наприклад, необхідно дослідити вплив різних тискових рівнів на якість та структуру хліба, а також вивчити оптимальний час охолодження. Такі дослідження допоможуть покращити процес вакуумного охолодження та забезпечити найкращі результати зберігання і якості продукту.

РОЗДІЛ 2. ЛАБОРАТОРНЕ УСТАТКУВАННЯ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ ВАКУУМНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ

2.1 Об'єкт дослідження - процес вакуумного охолодження хліба

Хлібобулочні вироби, виготовлені з пшеничного борошна, відповідають вимогам ДСТУ-П 4587:2006 щодо таких видів продуктів, як батони, булки, булочки, калачі та плетеники. Нижче наведено основні якісні характеристики готових продуктів, приготовлених із пшеничного борошна.

Опис готового продукту

Звідси нижче наведено детальні характеристики хлібобулочних виробів, виготовлених із пшеничного борошна згідно вимог стандарту ДСТУ-П 4587:2006.

1. Продукт: Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна.
2. Основні характеристики продукту:
 - Вологість м'якушки: Знаходиться в діапазоні від 35% до 40%.
 - Кислотність м'якушки: Становить близько 3,5 градусів.
 - Пористість м'якушки: Приблизно 68%.
 - Масова частка цукру в перерахунку на суху речовину: Має відповідати рецептурному рівню з допустимим відхиленням $\pm 1,0\%$.
 - Масова частка жиру: Повинна відповідати рецептурному рівню з допустимим відхиленням $\pm 0,5\%$.
3. Застосування: Призначені для споживання протягом терміну придатності, вказаного на упаковці.
4. Упаковка: Харчова поліетиленова плівка.
5. Умови зберігання: Рекомендується зберігати у сухому і прохолодному місці.
6. Зона розповсюдження: Використовується у закладах громадського харчування та для роздрібної торгівлі.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Лабораторне устаткування та методика досліджень вакуумного охолодження хлібних виробів	200393.ДП.36.002.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркулш</i> 1/78	

7. Інструкції з маркування: Включають найменування та адресу виробника, повну назву продукту, масу, склад, інформацію про харчову та енергетичну цінність, термін зберігання, кінцевий термін реалізації та умови зберігання продукту.

Органолептичні характеристики - це ті властивості продукту, які можна сприйняти за допомогою органів чуття, таких як зір, дотик, нюх, смак і слух. Вони відіграють ключову роль у визначенні якості продукту і визначаються різними параметрами. У випадку хлібобулочних виробів з пшеничного борошна, органолептичні характеристики включають такі аспекти, як:

1. Зовнішній вигляд: Сюди входить оцінка форми, рівномірності забарвлення, наявності кориці або глянцевої на поверхні виробу.

2. Структура при розрізанні: Визначається рівномірність і пористість м'якушки, наявність великих порожнеч, розмір та рівномірність пухирчатості.

3. Консистенція: Оцінюється ступінь м'якості або щільності м'якушки, її еластичність та жуваність.

4. Колір: Включає яскравість, насиченість та рівномірність забарвлення м'якушки та корки.

5. Аромат: Оцінюється наявність і інтенсивність приємного хлібного запаху, а також наявність будь-яких неприємних запахів.

6. Смак: Визначається якість смакових відчуттів, наявність характерного смаку пшеничного хліба та його приємність для споживача.

Вимоги до цих органолептичних характеристик встановлені відповідно до стандартів якості та можуть бути представлені у вигляді конкретних числових значень, які вказують на прийнятні стандарти якості для кожного з параметрів.

Таблиця 2.1 Загальні органолептичні вимоги до продукту

Показник	Значення
Зовнішній вигляд	Відповідає формі, в якій проводили випікання, без бокових впливів. Дозволено форму у вигляді виробу або частини його, нарізаного скибками
Поверхня (скоринка)	Від світло-жовтого до коричневого, без підгорілості. Для упакованих виробів дозволено незначна зморшкуватість; для нарізаних виробів зі слідами розрізів.
Стан м'якушки	Пропечена, еластична, не волога на дотик, без слідів непромісу; для рогаликових виробів — шарувата на зламі; для виробів з ядрами насіння, висівками, зерновими та круп'яними продуктами тощо — з відповідними добавками
Смак	Властивий даному виду виробів, без стороннього присмаку

2.2 Устаткування для лабораторних досліджень

Для здійснення наших досліджень, спрямованих на вивчення процесу вакуумного охолодження продукції хлібопекарських підприємств, ми розробили та використали спеціальну експериментальну установку. Ця установка включає в себе вакуумно-випарний пристрій, який дозволяє створювати вакуумні умови для охолодження продуктів.

На рисунку 2.1 представлено схематичне зображення цієї експериментальної установки. Наші дослідження включали різні аспекти, такі як вплив рівня розрідження у вакуумній камері на температуру та час охолодження недавно випеченого батону масою 0,5 кг. Крім того, ми

досліджували, як змінюється втрата маси батону в залежності від рівня розрідження.

Однією з наших цілей було також вивчення впливу швидкості розрідження на зміни геометричних параметрів батону. Ці дослідження дозволяють краще розуміти процес вакуумного охолодження та розробляти оптимальні стратегії його застосування для підвищення якості продукту і ефективності виробництва на хлібопекарських підприємствах.

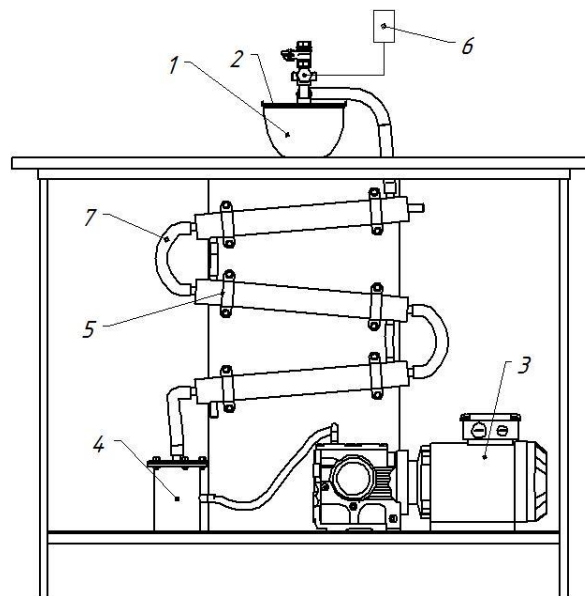


Рис. 2. 1 Вакуумна експериментальна установка: 1 – вакуум камера; 2 – кришка вакуум камери; 3 – вакуумний насос; 4 – конденсатозбірник; 5 – конденсатор; 6 – манометр; 7 – трубопровід.

Принцип роботи вакуумної експериментальної установки. За процесом охолодження хліба вакуумуванням спостерігаємо наступні кроки. Спочатку свіжовипечений батон з температурою близько 98-100 °С піддається вимірюванням ваги, температури в центрі та геометричних параметрів. Потім його поміщають до вакуумної камери 1, яка закривається кришкою вакуумної камери 2. Увімкнувши вакуумний насос 3, за допомогою відеозйомки фіксуються зміни часу та тиску у вакуумній камері 1.

Пароповітряна суміш, що відкачується з вакуумної камери 1, направляється до конденсатора 5, через який подається холодна вода в

протиток. У конденсаторі 5 більша частина пари конденсується, а конденсат стікає до конденсатозбірника 4.

Після досягнення необхідного рівня розрідження вакуумний насос 3 вимикається, і через кран на кришці вакуумної камери 2 тиск у ній вирівнюється з атмосферним. Після цього охолоджений батон виймається, і проводяться заміри температури, маси та геометричних параметрів. Отримані дані аналізуються для отримання відповідних результатів.

На основі цих досліджень, які здійснювалися з використанням вакуумно-випарної експериментальної установки, яка зображена на рисунках 2.1 та 2.2, було побудовано графіки, які показують процес створення необхідного рівня розрідження для охолодження заготовок до температури 30 °С. Ця температура забезпечує потрібну вологість, температуру та структурно-механічні характеристики хліба для подальшої переробки. Також було створено графік зміни температури парового потоку на виході з вакуумної камери за допомогою тимчасово встановленої термопари.

Проте ці дані вимагають подальшого уточнення, оскільки необхідно дослідити вплив режимів вистоювання та випікання хлібопродуктів на властивості готового продукту. У зв'язку з цим були проведені дослідження газопроникності скоринки та внутрішніх шарів хліба. Для цього розроблено спеціальну експериментальну установку, яка призначена для вимірювання змін витрати повітря, яку скоринка та внутрішні шари батону можуть пропускати за певний час. Також установка дозволяє визначати зміну опору, яку утворюють скоринка та внутрішні шари батону в залежності від часу. Ці дані є важливими для оцінки якості та тривалості зберігання хлібопродуктів.

Методика визначення структурно механічних властивостей м'якушки батону. Для визначення реологічних властивостей м'якушки хліба ми використовували напівавтоматичний пенетрометр марки АП 4/1 з плоским індикатором.

Процедура досліджень включала наступні кроки:

1. З батону вирізався зразок м'якушки за допомогою циліндра з діаметром 40 мм і висотою 20 мм. Цей зразок ставили на платформу пенетрометра.

2. За допомогою під'ємного гвинта зразок підводився так, щоб він торкався поверхні індикатора пенетрометра.

3. Перед початком дослідження зразок підігрівався у мікрохвильовій печі. Це було зроблено через те, що границя міцності м'якушки хліба змінюється залежно від температури. Підігрітий зразок забезпечує більш точні результати.

4. Для кожного дослідження використовувався новий зразок м'якушки. Крім того, для кожного значення температури було взято по три зразки для отримання більш точних та репрезентативних результатів.

Ці кроки дозволяли нам систематично проводити дослідження реологічних властивостей м'якушки хліба з використанням пенетрометра.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕДУРИ ВАКУУМНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ХЛІБНИХ ВИРОБІВ

3.1 Аналіз впливу рівня інтенсивності вакуумування на якість готової продукції.

Для поглибленого вивчення оптимальних параметрів охолодження хлібобулочних виробів було необхідно провести додаткові дослідження. Для цього ми розробили схему та спорудили експериментальну установку, яка дозволила нам здійснити дослідження основних параметрів вакуум-випарного охолодження хлібобулочних виробів.

Проведення досліджень відбувалося на вакуум-випарній експериментальній установці. Для вимірювання втрат вологи використовувалися ваги, а для визначення початкової та кінцевої температури застосовувався мультиметр з термопарою.

Під час проведення досліджень вакуумного охолодження хліба ми зосередили увагу на наступних параметрах:

1. Початкова та кінцева маса хліба в грамах.
2. Початкова та кінцева температура в градусах Цельсія.
3. Час проведення досліду в секундах.
4. Глибина розрідження у вакуумній камері в кілопаскалях.

Важливим етапом технологічного процесу є охолодження хліба, оскільки від нього залежать структурно-механічні та фізичні параметри продукту, необхідні для подальшої обробки. Рекомендована температура для цього процесу становить 30 °С.

Дослідження впливу кінцевого тиску середовища вакуум-випарного апарату на кількість випареної вологи з хлібних виробів показало, що створення розрідження до -97 кПа зменшує вологість виробів на 5-6%, що відповідає рецептурним вимогам. Це досягається протягом 2,5-3 годин при

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Дослідницький аналіз процедури вакуумного охолодження хлібних виробів	200393.ДП.36.003.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

традиційному способі охолодження.

Зауважено, що досягнення розрідження більше -97 кПа не ефективно, оскільки це призводить до переохолодження виробів та надмірної втрати вологи. Графік зміни температури парового потоку на виході з вакуумної камери також підтверджує ці спостереження.

Отже, оптимальним режимом для вакуум-випарного охолодження хлібобулочних виробів є створення розрідження до -97 кПа, що забезпечує відповідну вологість та температуру продукту, відповідно до рецептурних вимог та ефективної технології охолодження.

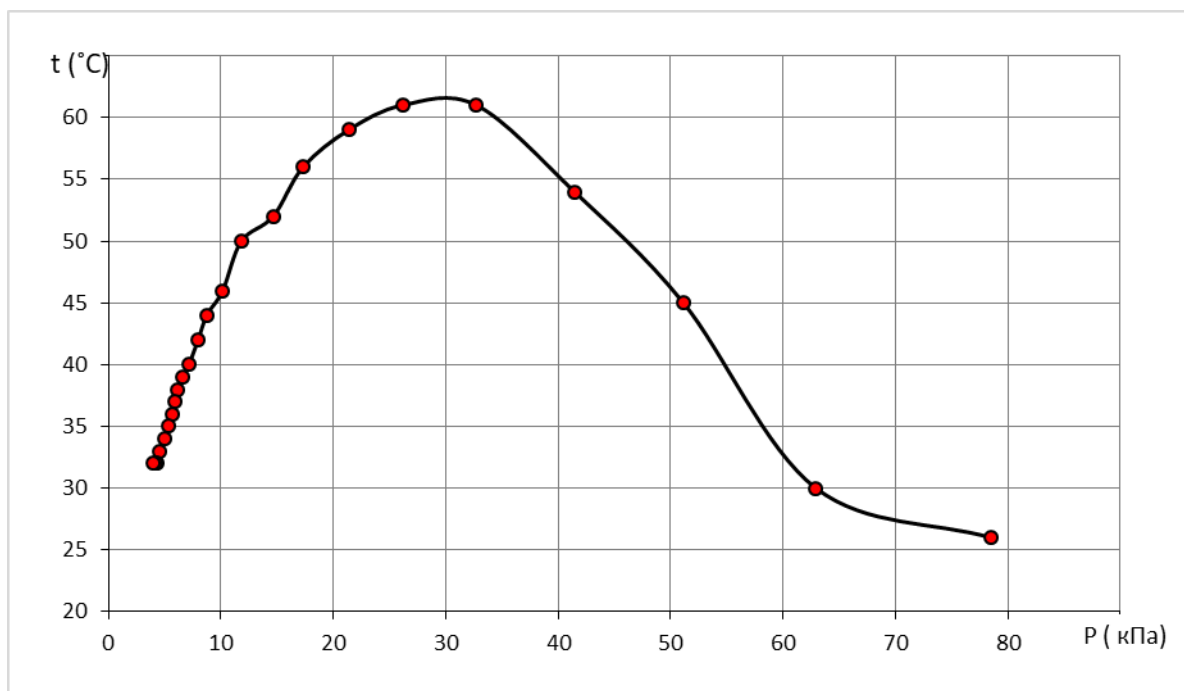


Рис. 3.1 Графік показує, що температура парового потоку має свій максимум на початку процесу вакуумування через присутність холодного повітря у вакуумній камері.

Під час експерименту, який мав на меті вивчити вплив параметрів охолодження на батон масою 0,5 кг, було виявлено, що під час випікання утворюється скоринка, яка стає причиною значного опору та перешкоджає нормальному вивільненню водяної пари зсередини хлібного виробу. Це призводить до обмеження швидкості охолодження через обмежену пропускну здатність скоринки та збережену міцність структури хліба.

Крім того, коли тиск всередині хлібного виробу значно перевищує тиск у вакуумній камері, виникає напруження, яке може призвести до деформації та руйнування структури хліба. Це підтверджується результатами експериментів, представленими на рисунку 3.3, де занадто інтенсивне зниження тиску у вакуумній камері створює градієнт тиску між паром всередині хліба та навколишнім середовищем у вакуумній камері, що може в результаті призвести до руйнування структури хлібного виробу, такого як відшаровування м'якушки хліба від нижньої скоринки.



Рис 3.2 Руйнування подового хліба



Рис 3.3 Руйнування подового хліба (відрив м'якушки зразки №2 і №3)

Під час проведення науково-дослідної діяльності було виявлено, що оптимальний режим охолодження овального подового хліба, який виготовляється із пшеничного борошна, полягає в досягненні температури 30 °С. Цей режим можна ілюструвати за допомогою графіка, представленого на рисунку 3.4, де крива №1 відображає дані цього режиму.

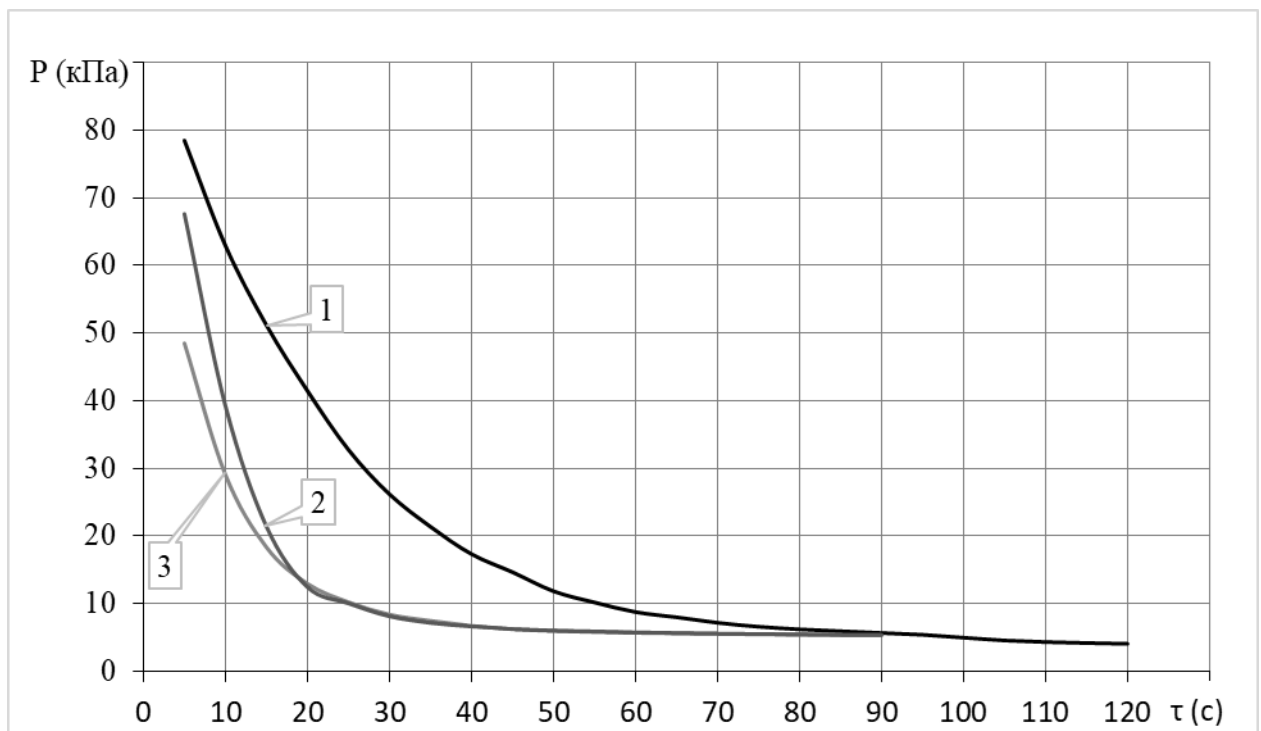


Рис 3.4 Криві створення розрідження у вакуум камері

Криві №2 і №3 на цьому ж графіку відповідають випробувальним зразкам №2 і №3 (див. рисунок 3.3), і вказують на те, що при таких умовах формування розрідження призводить до відшарування м'якушки від основи, що не відповідає стандартам якості.

Згідно з даними, представленими на графіку, при режимі, який описується кривою №1, час охолодження хліба масою 0,5 кг становить 2 хвилини, а максимальна швидкість формування розрідження не перевищує 4,5 кПа/с.

Запропонований режим охолодження хліба вакуум-випарним способом передбачає зниження температури овального подового хліба масою 0,5 кг з 98 °С до 30 °С протягом 120 секунд, що порівнюється з 1,5 - 2 годинами для природного охолодження, при цьому зберігаючи цілісність зразка. Це

дозволяє отримати всі переваги вакуум-випарного охолодження, зокрема, скорочення часу охолодження та покращення якісних характеристик продукції, що особливо важливо для масового виробництва хлібобулочних виробів.

3.2 Дослідження структурно-механічних властивостей м'якушки батону

Для уточнення оптимального режиму вакуумного охолодження хліба виникла потреба в дослідженні структурно-механічних властивостей м'якушки батону. Отже, ми провели дослідження, спрямоване на вивчення цих характеристик м'якушки батону.

Під час цих досліджень ми визначили реологічні властивості м'якушки батону шляхом випробувань на стиск, що дозволило отримати типові криві залежності деформації зразка від прикладеного напруження. Результати цих випробувань були представлені у вигляді графіків на рисунку 3.4. Ці дані стали основою для визначення механічних характеристик матеріалу.

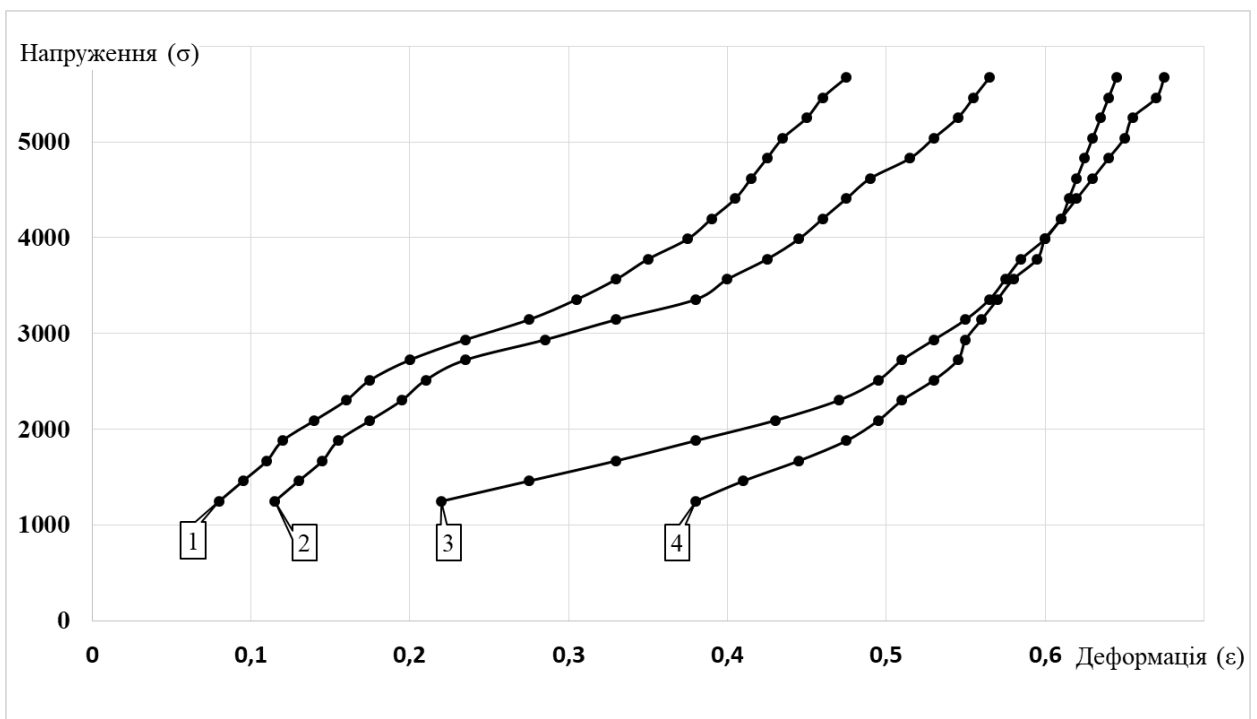


Рис. 3.4. Криві залежності деформації зразка від прикладеного напруження:

1 - залежність деформації зразка від прикладеного напруження при температурі 24 °С; 2- залежність деформації зразка від прикладеного

напруження при температурі 40 °С; 3- залежність деформації зразка від прикладеного напруження при температурі 60 °С; 4- залежність деформації зразка від прикладеного напруження при температурі 70 °С;

У рамках методики для визначення граничних напружень при випробуваннях матеріалу на стиск, ми провели вимірювання значень границі міцності м'якушки бетону при різних температурах. Для цього були проведені серії експериментів, в ході яких фіксувалися значення граничних напружень при різних температурах.

За допомогою отриманих даних було побудовано графік, на якому зображено залежність границі міцності матеріалу від температури. Цей графік представлений на Рисунку 3.5. Аналізуючи цю залежність, ми встановили відповідну закономірність між границею міцності та температурою.

Цей графік та визначена закономірність надають важливу інформацію про зміни міцності матеріалу в залежності від температурного впливу, що є ключовим для розуміння та прогнозування поведінки матеріалу в різних умовах експлуатації.

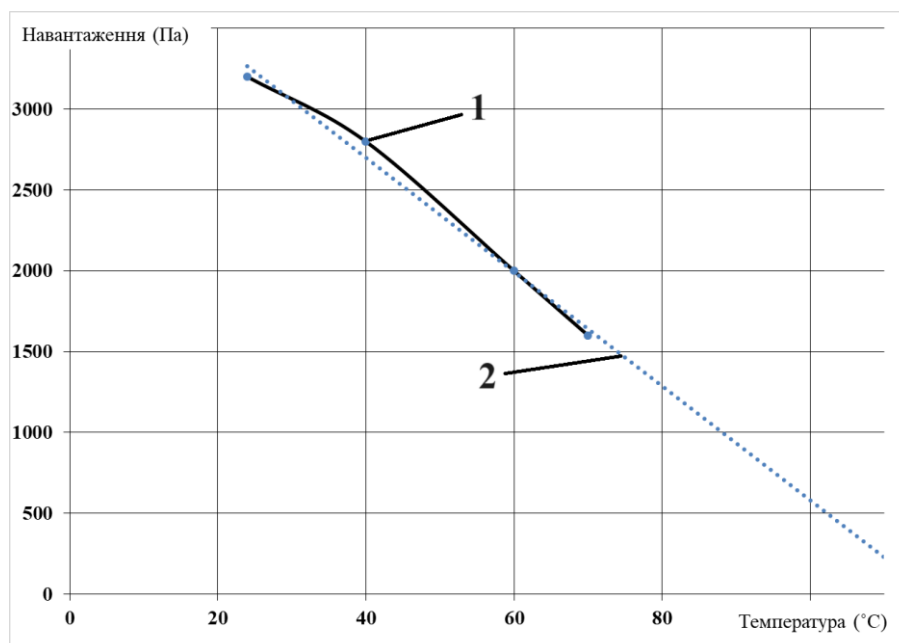


Рис. 3.5. Графік залежності границі міцності від температури:

1 – Крива отримана в результаті опрацювання дослідних даних; 2 – Крива що описує лінійну залежність границі міцності від температури.

Криву №2 Рис. 5 можна описати законом:

$$y = -35,359x + 4114,9;$$

(6)

Де: x – температура;

y – границя міцності м'якушки батону.

3.3 Теоретичне висвітлення принципів режиму вакуумного охолодження хліба.

Перерахунок витрат паро-повітряної суміші включає в себе визначення кількості речовини, яка переходить у парову фазу, а також об'єму, який ця пара займає, що залежить від змін тиску та температури.

1. Обсяг водяної пари, яка випаровується з одного кілограма готової продукції. кг :

$$w = \frac{q}{r}$$

де:

w – Кількість вологи, яка утворюється.

r – Енергія, необхідна для здійснення фазового переходу.

q - Кількість енергії, необхідна для перетворення води в пар під час охолодження батону з 100 до 30 градусів Цельсія., кДж/кг:

$$q = (c_{cp}g_{cp} + c_{в}g_{в.х.})(t_{м} - t_{хол.хліба}) + c_{cp}g_{ck}(t_{ck} - t_{м}) =$$

$$= (1,67 \cdot 0,58 + 4,187 \cdot 0,42)(98 - 30) + 0,08 \cdot 1,67(130 - 100) = 190 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

де:

q – Кількість теплоти, яка потрібна для охолодження певної маси хліба., кДж/кг;

c_{cp} – Теплоємність сухої речовини батона, тобто кількість тепла, яку потрібно передати одиниці маси батона для підвищення температури на одиницю градуса Цельсія., кДж/(кг · °С).

g_{cp} – Вміст сухої речовини в батоні можна визначити за допомогою формули, яка враховує вміст вологи та загальну масу батона:

$$g_{cp} = \frac{100 - W_x}{100} = \frac{100 - 42}{100} = 0,58$$

W_x – Відносний вміст вологи у гарячому батоні становить 42%.

c_B – Теплоємність води всередині батону, кДж/(кг · °С);

$g_{B.X.}$ – Вологість у батоні при початковому випічці,

$$g_{B.X.} = \frac{W_x}{100} = \frac{42}{100} = 0,42$$

g_{ck} – Вага корки батону:

$$g_{ck} = \frac{g_{уп} \cdot g_{cp}}{g_{B.X.}} = \frac{0,06 \cdot 0,58}{0,42} = 0,08 \text{ кг}$$

$g_{уп}$ – Кількість води, яка випаровується з батона під час випікання, кг;

t_M – Температура внутрішньої частини гарячого батону, °С;

$t_{хол.хліба}$ – Температура охолоджених батонів після процесу охолодження, °С;

t_{ck} – Середня температура поверхні скоринки, °С:

$$\bar{t}_{ck} = \frac{t_{ck} + 100}{2} = \frac{160 + 100}{2} = 130 \text{ °С}$$

\bar{r} – Середня енергія, потрібна для фазового переходу.:

$$\bar{r} = \frac{r_{100} + r_{30}}{2} = \frac{2257,2 + 2430,2}{2} = 2343,7 \text{ кДж/кг}$$

При 100°С $r = 2257,2$ кДж/кг

При 30°С $r = 2430,2$ кДж/кг

Таким чином, це означає кількість води, яка випаровується з 1 кілограма готової продукції, кг:

$$w = \frac{q}{r} = \frac{190}{2343,7} = 0,081 \text{ кг пари / кг гот. хліба}$$

2. Це описує процес визначення обсягу води, яка випарується з одного ряду випеченої продукції, в кілограмах:

$$W = w \cdot n \cdot m = 0,081 \cdot 6 \cdot 0,5 = 0,243 \text{ кг}$$

де n – кількість батонів в одному ряді, шт. 6;

m – маса 1-го батону, 0,5 кг.

3. Обчислення кількості води, яка випаровуватиметься з одного ряду випеченої продукції, проводиться в кубічних метрах. Підбір вакуумного насоса та подальші розрахунки вакуумної системи базуються на об'ємній продуктивності. При зниженні абсолютного тиску в зовнішньому середовищі температура пари зменшується, що призводить до збільшення її об'єму при

випаровуванні з заготовки, а також зміни кількості прихованої теплоти пароутворення.

Кількість енергії, необхідна для зниження температури 1 кілограма продукту на 1 градус Цельсія.:

$$Q = \frac{q}{\Delta t} = \frac{190}{71} = 2,676 \text{ кДЖ/кгС}$$

де:

q - Кількість тепла, необхідна для перетворення води в пару під час фазового переходу. (кДЖ/кг)

Δt – Температурний різниця між початковим і кінцевим значеннями ($^{\circ}\text{C}$)

Таким чином, коли температура 1 кг батонів змінюється на 1 $^{\circ}\text{C}$, кількість випареної води також змінюється.

$$m = \frac{Q}{r} \text{ кг,}$$

де:

m - Обсяг випареної води (кг)

r - Енергія, необхідна для здійснення фазового переходу. (кДЖ/кг)

Об'єм, який займає випарована вода з одного кілограма продукту:

$$V = m \cdot V_1 \text{ м}^3,$$

V - об'єм, випареної води з 1 кг продукту, (м^3).

V_1 – обсяг що займає 1 кг. пари за відповідного тиску, (м^3).

Загальний обсяг пари, що випаровується з ряду

$$V_n = V \cdot n \cdot m \text{ м}^3,$$

V_n - обсяг пари, який випаровується з ряду, (м^3).

n – кількість батонів в 1 ряді.

m – вага одного батону, (кг).

На рис 3.10 показано залежності відповідно до яких проводились розрахунки

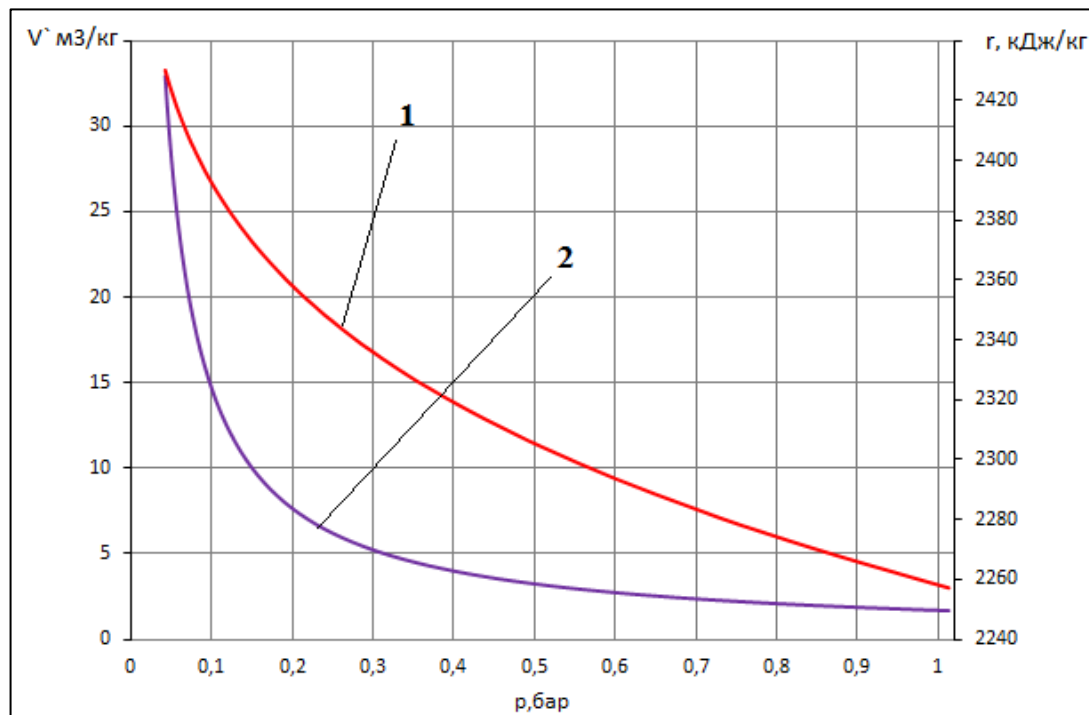


Рис 3.6. 1 - залежність об'єму що займає 1 кг пари від тиску
2 - залежність середньої теплоти фазового переходу води з рідкого агрегатного стану в газоподібний від тиску.

Розрахунки були виконані в програмі Excel з метою визначення необхідного обсягу вологи для вакуумного охолодження батону. У результаті теоретичного аналізу було встановлено, що загальний об'єм вологи, який випаровується з одного ряду, що складається з 6 заготовок масою 0,5 кг кожна, при охолодженні від 100 до 30 °С за рахунок зниження тиску від 100 кПа до 4,2 кПа, становить $V_p=2,3$ м³.

Розрахунок параметрів процесу вакуумного охолодження батону. Для визначення тиску, що формується всередині хліба під час процесу вакуумного охолодження, було використано газовий закон Бойля-Маріотта. Цей закон стверджує, що за незмінної кількості газу тиск і об'єм зворотно пропорційні.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

Де:

P_1 - тиск всередині батону

V_1 - об'єм газу в середині батону,

P_2 - тиск під час вакуумного охолодження

V_2 - об'єм газу в середині під час вакуумного охолодження.

Рівняння проникності-концентрації:

$$J = \frac{P \cdot D}{L}$$

Де

J - масовий потік газу,

P - різниця тиску (тобто $P = P_1 - P_2$),

D - газопроникність скоринки хліба,

L - товщина скоринки хліба.

Тоді тиск в середині хліба:

З рівняння проникності-концентрації ми можемо виразити різницю тисків P

$$P = \frac{J \cdot L}{D}$$

Підставляючи це значення різниці тисків P в закон Бойля-Маріотта:

$$P_1 \cdot V_1 = \left(P_1 - \frac{J \cdot L}{D} \right) V_2$$

Звідси ми можемо вивести тиск P_2 під час вакуумного охолодження:

$$P_2 = P_1 - \frac{J \cdot L}{D}$$

Після здійснення розрахунків було визначено оптимальний режим вакуум-випарного охолодження батону, при якому градієнт тиску, що утворюється між середовищем вакуумної камери та внутрішнім середовищем хліба, не перевищує границі міцності м'якушки батону. Результати цих розрахунків представлені у вигляді графіка на рисунку 3.7, де крива №2 демонструє встановлений оптимальний режим.

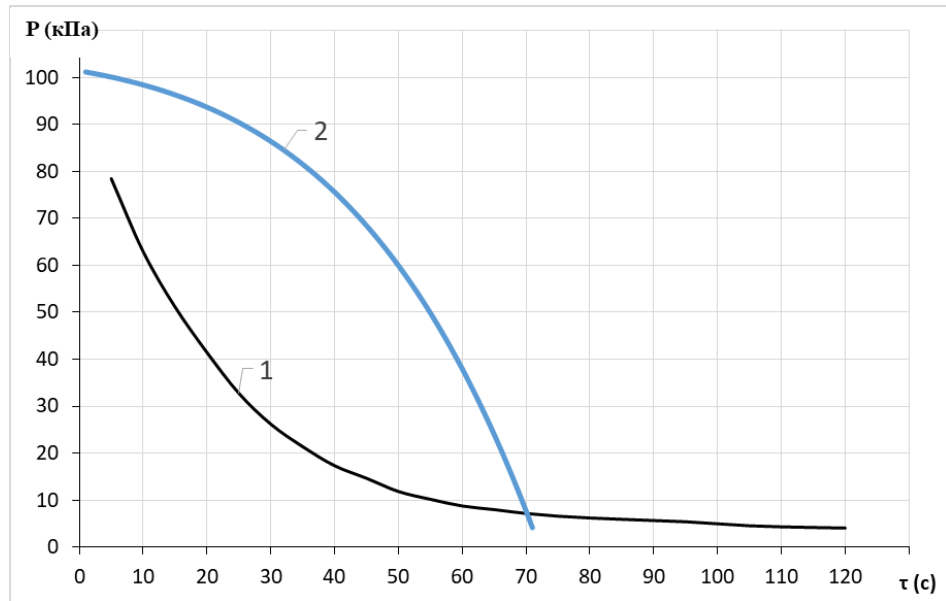


Рис 3.7. Графік зміни тиску в часі: 1 – рекомендований режим знайдений дослідним шляхом; 2 – розрахунковий режим.

РОЗДІЛ 4 ВПРОВАДЖЕННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ: РОЗРОБКА ТА СТВОРЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ВАКУУМНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ БАТОНІВ НА ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА.

Охолодження готового продукту є надзвичайно важливим етапом у виробництві хлібобулочних виробів і заслуговує на особливу увагу. Використання методу вакуумного охолодження надає кілька переваг, які варто враховувати:

1. Скорочення загального часу виробництва: Вакуумне охолодження дозволяє значно зменшити час, необхідний для охолодження хлібних виробів після випікання, що сприяє підвищенню продуктивності всього процесу.

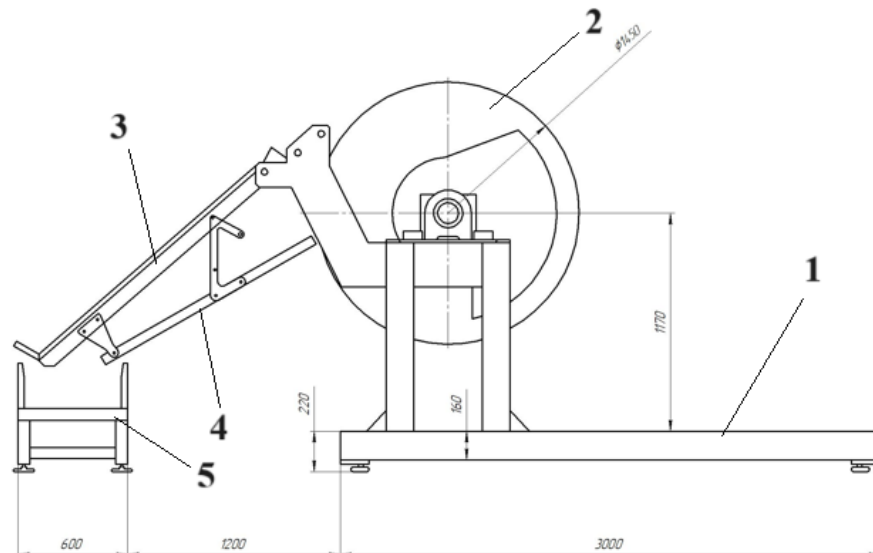


Рис. 4.1 Роторний вакуум охолоджувач призначений для охолодження батону масою 0,5 кг. в потоці: 1 – Рама; 2 – ротор на якому закріплено вакуумкамерами; 3 – завантажувальний конвеєр; 4 – вивантажувальний конвеєр; 5 – конвеєр для транспортування охолодженої продукції.

2. Зменшення необхідних виробничих площ: Використання вакуумного методу дозволяє ефективно використовувати простір у виробничих приміщеннях, оскільки не вимагає великих просторових обсягів для

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Впровадження отриманих результатів досліджень: розробка та створення установки для вакуумного охолодження батонів на лінії виробництва	200393.ДП.36.004.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78

1. Запропонована циклограма та технологічна схема роботи Роторного апарату вакуумного охолодження хліба (рис.4.2, таблиця 1). З метою зниження продуктивності і відповідно потужності вакуумної системи та покращення умов розгерметизації запропоновано поєднувати між собою середовища камер 3–21, 4–20, 5–19, 6–18.

Циклограма роботи РАВОХ (Роторного апарату вакуумного охолодження хліба)							
№ позиції на циклограмі	Операція	тривалість операції, с	Параметри початкові		Параметри кінцеві		зміна питомої маси заготовки за операцію, кг пари/кг хліба
			Тиск, кПа	Температура	Тиск, кПа	Температура	
1	Завантаження батонів в камери	10	100	100	100	100	0
2	Закриття блоку вакуумних камер та їх герметизація	10	100	100	100	100	0
3	Початок ВВО з'єднанням з камерою, що знаходиться в положенні 21	10	100	100	80	93,52	0,00734
4	ВВО з'єднанням з камерою, що знаходиться в положенні 20	10	80	93,52	60	85,95	0,00894
5	ВВО з'єднанням з камерою, що знаходиться в положенні 19	10	60	85,95	40	75,89	0,01166

6	ВВО з'єднанням з камерою, що знаходиться в положенні 18	10	40	75,89	22	62,16	0,01551
з 7 по 17	Сполучення камер з колектором з постійним тиском 2 кПа, що створюється Вакуумним Насосом	110	22	62,16	4	28,98	0,0357
18	Початок розгерметизації охолодженої заготовки: Збільшення тиску в камері сполученням з камерою, що знаходиться в положенні 6	10	4	28,98	22	-	-
19	Збільшення тиску в камері сполученням з камерою, що знаходиться в положенні 5	10	22	?	40	?	?
20	Збільшення тиску в камері сполученням з камерою, що знаходиться в положенні 4	10	40	?	60	?	?
21	Збільшення тиску в камері сполученням з камерою, що знаходиться в положенні 3	10	60	?	80	?	?
22	Завершення розгерметизації охолодженої заготовки: Збільшення тиску в камері сполученням з навколишнім середовищем	10	80	?	100	?	?

23	Вивантаження батона	10					
24	Продувка та очищення камери	10					

2. Основні припущення та умови, щодо роботи схеми:

- При сполученні камер 3–21, 4–20, 5–19, 6–18 приймаємо **рівні** об'єми цих камер з врахуванням трубопроводів.
- Пара, що утворилась в камерах 3, 4, 5 та 6, конденсується в конденсаторі не надходячи в камери 21, 20, 19, 18, оскільки, на мою думку, це призведе до повторного нагрівання заготовки. Отже, необхідно передбачити конденсатор для конденсації пари.
- Вакуумна система має забезпечити значення абсолютного тиску на рівні 2 кПа для забезпечення градієнту тиску. Тиск в колекторі для позицій 7–17 має бути рівним 2 кПа.

Переваги запропонованої схеми:

- Витіснення повітря з початкової камери,
- Зменшення продуктивності вакуумного насоса, оскільки за умови сполучення з камер, які знаходяться в позиції 3, 4, 5 та 6, сумарно випариться **0,04345 кг.пари/кг.хліба**. в той час як з позицій 7–17, що відкачуватимуться вакуумним насосом, лише **0,0357 кг.пари/кг.хліба**.
- Вважаю, що за рахунок незначного перепаду тиску (22–2 кПа) охолодження для позицій 7–17 можливо виконувати без регулювання клапанами як передбачалось раніше, а лише за рахунок витримування часу вакуумування, що призведе до скорочення кількості клапанів та спрощення системи регулювання.
- Пара, яка випаровується з позицій 3, 4, 5 та 6 має більш високий температурний потенціал (від 100 до 62 °С), що дозволяє нагріти холодний теплоносії (воду) до більш високих температур і відповідно зменшити витрати холодоагенту.

Визначення продуктивності установки для вакуумного охолодження батону масою 0,5 кг. в потоці

Ефективність установки для вакуумного охолодження батонів напряду залежить від продуктивності роботи печі БН-25. Для оцінки цієї ефективності застосовується показник продуктивності печі за годину, що позначається як $P_{год}$ та виражений у кілограмах продукції на годину.

Щоб зрозуміти, наскільки ефективно працює піч, необхідно врахувати кількість батонів, які вона може випікти протягом години. Це значення $P_{год}$ визначається з урахуванням ряду факторів, таких як розміри та технічні характеристики печі, температурні режими, час випікання, а також інші фактори, що впливають на швидкість та якість випічки.

Для точного визначення $P_{год}$ можуть використовуватися експериментальні дані, проведені на печі, такі як час випікання конкретної кількості батонів, їхні розміри, вага та якість випічки. Отримані результати дозволять визначити реальну продуктивність печі за годину та оцінити її ефективність у контексті вакуумного охолодження батонів.:

$$P_{год} = \frac{N * n * g * 60}{\tau_{вип}}$$

де N — Найбільша кількість рядів виробів, які можуть одночасно знаходитися в тунельній печі, шт.;

n — Кількість виробів, розміщених в одному ряду..., шт.;

g - маса виробу, кг;

$\tau_{вип}$ — час випікання, хв

Для розрахунку кількості виробів в одному ряді, позначеної як $\backslash (n) \backslash$, спочатку враховують ширину поду, на якому розташовуються вироби. Далі використовують геометричні параметри виробів, такі як їх форма та розміри. Ці параметри впливають на те, скільки виробів може бути розміщено на одному ряді. Також враховується спосіб укладання, а також відстань між

виробами, яка може бути встановлена залежно від конкретних умов та вимог. Розрахунки зазвичай виконуються за допомогою відповідної математичної формули, яка враховує всі ці параметри:

$$n = \frac{B - a}{b + a}$$

де B , — ширина поду печі, мм;

b – ширина виробу, мм;

a — відстань між виробами, мм.

Для виробів, які згідно з нормативною документацією не повинні мати притисків, ширина a зазвичай знаходиться у діапазоні від 20 до 40 мм. Це означає, що вироби з такою шириною не мають бути стиснуті під час укладання або під час подальшої обробки.

У той же час, для виробів, у яких передбачена можливість притисків, наприклад, арнаут київський, ширина a зазвичай становить від 5 до 10 мм. Це означає, що для цих виробів передбачається наявність простору для стиснення або притискання в певних умовах, наприклад, під час укладання в контейнер чи взаємодії з іншими предметами.

Кількість рядів виробів, які одночасно можуть знаходитись на поду тунельної печі, позначена як N і визначається за допомогою відповідної формули, що залежить від ряду факторів, таких як розмір поду, ширина та форма виробів, відстань між ними і можливість їх притискання.

Ця формула дає можливість визначити оптимальну кількість рядів виробів, які можуть бути поміщені на один под, з урахуванням зазначених параметрів та обмежень.

$$N = \frac{L - a}{l + a}$$

де L , l — Довжина поду позначена як L (мм), а ширина чи довжина виробу позначена як l (мм).

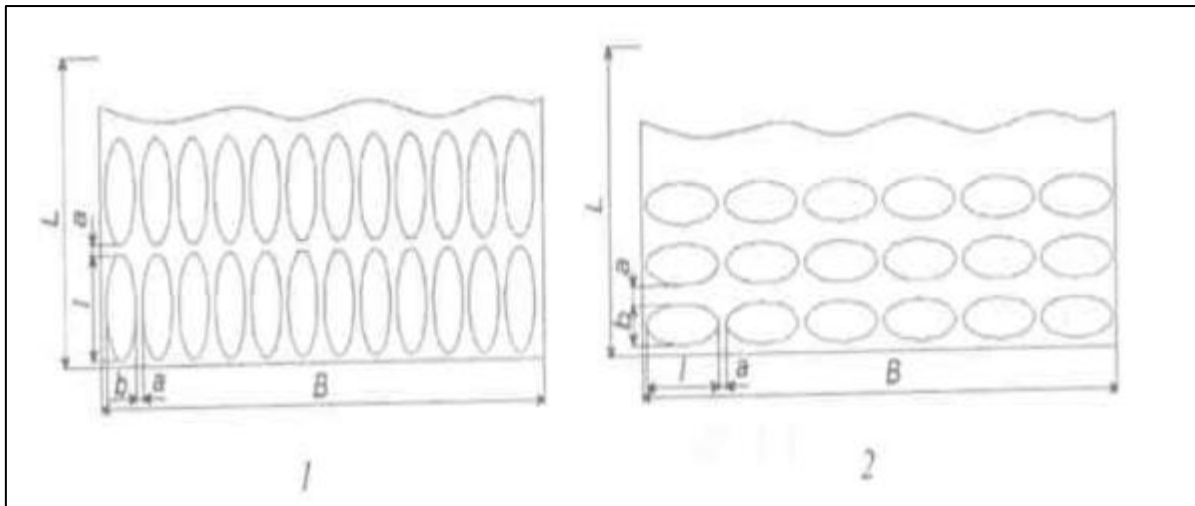


Рис. 1.1 Варіанти укладання батоноподібних подових виробів на поді тунельної печі: 1 — у разі ручного укладання на листах; 2 — при механізованому укладанні

Кількість рядів виробів, які можуть одночасно знаходитись на поду печі, обчислюється за формулою, яка враховує різні параметри, такі як ширина поду, розміри виробу та відстань між ними. У даному випадку, враховуючи зазначені розміри та проміжок, наподу печі БН – 25 може розміститись 14 рядів батонів. Кількість виробів в одному ряду обчислюється як:

$$n = \frac{2100 - 30}{300 + 30} = 6.27$$

приймаємо 6 шт.

Кількість рядів виробів, які одночасно розміщуються на поду тунельної печі, становить:

$$N = \frac{23800 - 30}{120 + 30} = 158.46,$$

приймаємо 158 шт.

Годинна продуктивність печі $P_{\text{год}}$, кг/год дорівнює

$$P_{\text{год}} = \frac{158 * 6 * 0,5 * 60}{25} = 1137,6 \text{ кг/год}$$

Продуктивність установки для вакуумного охолодження батонів масою 0,5 кг у потоці означає, що за одну годину вона здатна охолодити 1137,6 кг батонів з масою 0,5 кг кожен. Це значення враховує розміри печі, швидкість проходження продукції через неї, щільність розміщення виробів на поду та інші важливі параметри, які впливають на продуктивність процесу охолодження.

Розрахунок необхідної продуктивності та вибір вакуум насоса

Продуктивність вакуум насоса:

$$S = P_{\text{год}} * V_p = 1137,6 * 0,38 * 2 = 867,576, \text{ м}^3/\text{год}$$

Розпишу більш детально.

Спочатку, годинна продуктивність ($P_{\text{год}}$) вимірюється в кілограмах на годину і вказує на кількість продукту, яка може бути оброблена за одну годину.

Далі, для обчислення об'єму пароповітряної суміші (V_p), яка випаровується з кожного батону масою 0,5 кг під час охолодження від 100 до 30 градусів Цельсія, використовується таблиця 3.2 у додатку 1. Ця величина вимірюється у кубічних метрах (м^3).

Нарешті, для вибору вакуумного насоса компанії GÜCÜM, модель GMVT 410/260 з продуктивністю 880 $\text{м}^3/\text{год}$ було взято до уваги. Це означає, що цей насос може відкачувати 880 м^3 пароповітряної суміші за годину.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

5.1. Загальна інформація

Збірка машин - це складний технологічний процес, під час якого різні компоненти виробу з'єднуються між собою. Під час збірки важливо досягти правильного розташування деталей, встановити необхідну рухомість або нерухомість елементів, які з'єднуються, та забезпечити необхідну міцність конструкції.

Кожна машина складається з окремих компонентів, при цьому найпростішим елементом є деталь, яка не має жодних з'єднань. Група деталей, які взаємодіють та з'єднуються, утворює окрему частину машини, яка відома як вузол. Складність вузла визначається конструкцією та кількістю входячих у нього деталей.

Елемент, який визначає розташування всіх інших компонентів, отримав назву "деталь базування" або "базова група". Ця деталь встановлює, як розташовувати всі інші компоненти. Для спрощення процесу збирання часто використовують технологічні схеми, де умовно вказано послідовність операцій.

5.2. Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

У рамках мого проекту була розроблена роторна установка для вакуумного охолодження бетону на лінії виробництва з використанням печі БН-25. Один з ключових компонентів цієї установки - це клапан, який відповідає за підведення вакууму до вакуумної камери. Цей клапан має важливе значення, оскільки він дозволяє регулювати режими охолодження бетону в умовах потокового виробництва.

У даному розділі був проведений детальний аналіз технології збірки цього клапана для підведення вакууму до вакуумної камери.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Технології машинобудування	200393.ДП.36.005.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

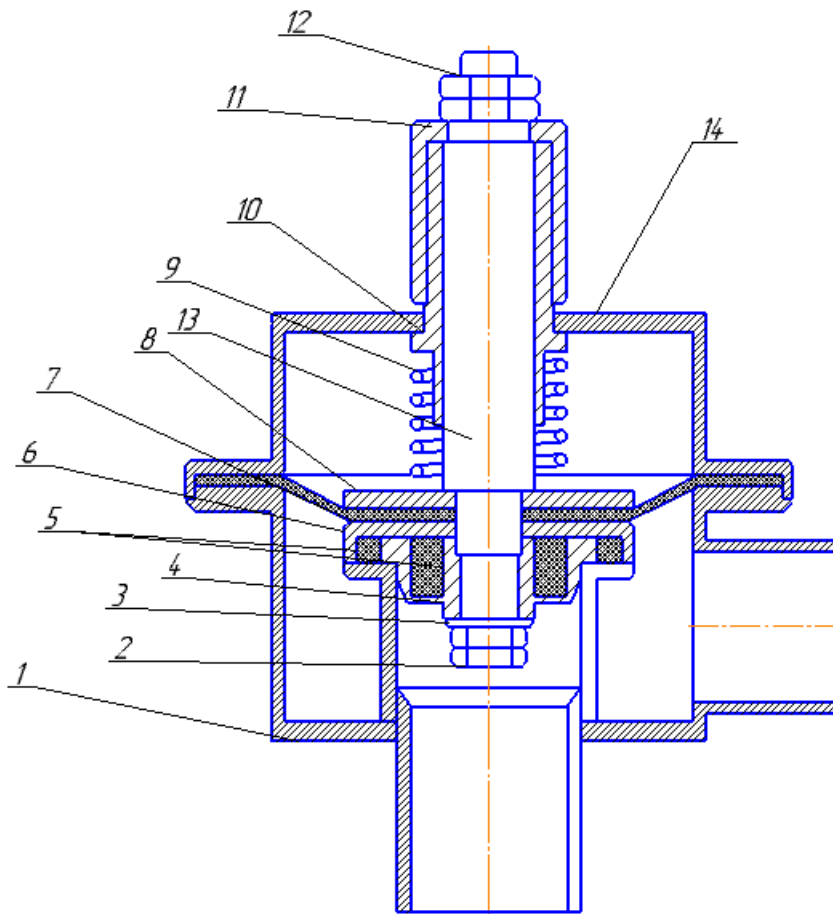


Рис.5.1. клапану для підведення вакууму до вакуум камери

№ п/п	Назва елементів
1	Корпус
2	Гайка М5
3	Шайба
4	Конус
5	Ущільнення
6	Шайба ущільнення
7	Мембрана
8	Прижимна шайба
9	Пружина
10	Втулка
11	Регульовальна гайка
12	Гайка М6
13	Шток
14	Кришка клапана

Номер переходу	Зміст переходу
10. Встановлення корпусу в каркас СК1	
10.1	Встановити корпус у визначене місце на каркасі
20. Збірка ущільнення СК2	
20.1	Встановити нашток прижимну шайбу
20.2	Встановити мембрану
20.3	Встановити шайбу ущільнення
20.4	Встановити конус
20.5	Встановити шайбу
20.6	Закрутити гайки М5 на штокові
30. Збирання кришки СК3	
30.1	Встановити на шток пружину
320.2	Встановити на шток втулку
30.3	Встановити шток у кришку у відповідне місце
30.4	Встановити регулювальну гайку
30.5	Встановити гайки М6
30.6	Встановити кришку на корпус
30.7	Закрутити фіксуючі болти

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - це система заходів і правил, що охоплює різні аспекти, такі як правові, соціально-економічні, організаційно-технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні аспекти. Метою цієї системи є збереження життя, здоров'я та працездатності людини під час виконання професійних обов'язків.

Охорона праці передбачає різноманітні заходи та інструменти, спрямовані на запобігання травмам та захворюванням на робочому місці. Ці заходи включають в себе створення безпечних умов праці, надання необхідного засобів захисту, навчання персоналу правилам безпеки, а також проведення профілактичних медичних оглядів.

одатково, охорона праці передбачає процедури отримання відповідного дозволу на виконання робіт з підвищеною небезпекою. Цей дозвіл є обов'язковим для всіх організацій та підприємств і забезпечує виконання необхідних стандартів та вимог щодо забезпечення безпеки праці.

Організація проведення інструктажу з охорони праці на хлібозаводі

На кожному підприємстві проводяться різноманітні інструктажі з охорони праці, спрямовані на різні категорії працівників та мають різний характер. Ці інструктажі є не лише джерелом знань щодо безпеки та першої допомоги для працівників, але і важливим інструментом контролю за дотриманням правил та процедур в надзвичайних ситуаціях. Організацію та проведення цих інструктажів зазвичай беруть на себе керівники підрозділів та відділів, а їх відповідність вимогам контролює відділ охорони праці.

Типи інструктажів включають в себе:

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона праці	200393.ДП.36.006.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

- Вступний, який обов'язковий для всіх нових працівників, незалежно від їхнього досвіду та кваліфікації.
- Первинний, який проводиться на місці роботи перед початком роботи нового працівника.
- Повторний або періодичний, який організовується періодично для всіх працівників на робочому місці.
- Позаплановий, який викликається у випадках непередбачених ситуацій.
- Цільовий, спрямований на спеціалізовані роботи або надзвичайні ситуації.

Головною метою цих інструктажів є навчання працівників правильним та безпечним методам виконання їхніх обов'язків. Вони допомагають забезпечити безпеку та здоров'я працівників, а також правильне виконання необхідних процедур у випадку аварійних ситуацій або нещасних випадків.

Обов'язки працівника, на його робочому місці

Забезпечення безпеки та дотримання внутрішніх правил на робочому місці є надзвичайно важливими аспектами для всіх працівників на підприємстві. Ці вимоги включають ряд заходів, спрямованих на забезпечення безпеки та ефективної роботи, і призначені для максимального захисту персоналу. Давайте розглянемо кожен з цих вимог докладніше:

1. Ознайомлення та дотримання інструкцій з охорони праці та правил роботи з обладнанням є обов'язковим для всіх працівників. Це включає в себе ознайомлення з правилами безпеки, правильного використання обладнання та процедур дії у разі виникнення аварійних ситуацій.

2. Робітники повинні мати достатні знання про різні види борошна, додаткові сировини, стандарти якості та рецептури продукції. Це допомагає у забезпеченні якості виробництва та запобіганні можливих проблем.

. Регулярне проходження навчання та атестація з охорони праці є обов'язковими процедурами для всіх працівників. Це дозволяє перевірити їхні знання та оновити їх щодо нових стандартів безпеки.

4. Використання індивідуальних та колективних засобів захисту є необхідним для забезпечення безпеки працівників. Ці засоби можуть включати захисні каски, респіратори, захисні окуляри та інші засоби захисту від потенційних небезпек.

5. Важливо підтримувати чистоту на робочому місці та в цеху. Це допомагає у запобіганні можливих аварій та забезпеченні безпечних умов для праці.

6. Працівники мають уникати роботи у нетверезому стані та вживання спиртних напоїв або наркотиків. Це може призвести до небезпечних ситуацій та аварій на робочому місці.

7. Їжу слід споживати лише у визначених місцях, щоб уникнути можливих забруднень та харчових отруень.

8. Дотримання протипожежного режиму та уникання використання відкритого вогню є обов'язковими. Це включає в себе виконання пожежних інструкцій, регулярну перевірку пожежного обладнання та вчасне повідомлення про будь-які пожежні загрози.

Ці правила та вимоги створюють безпечні умови праці та сприяють ефективності роботи всього колективу на підприємстві.

*Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у цеху
виробництва хліба*

Зважаючи на різні види ризиків на робочому місці у цеху, де працює обслуговуючий персонал, важливо ретельно розглянути кожен з них:

1.*Рухомі частини устаткування: Це охоплює різні елементи машин та обладнання, такі як з'єднувальні муфти, шківни, шестерні, ланцюгові передачі тощо. Навіть невеликий контакт з цими рухомими частинами може призвести до серйозних травм або навіть ампутацій.

2. Вуглекислий газ (CO₂): Під час процесу шумування тіста, утворюється CO₂, який може накопичуватися в нижніх точках ємностей. Це

може створити ризик кисневого голодування для працівників, що може призвести до втрати свідомості та навіть смерті у випадку відсутності своєчасної медичної допомоги.

3. Підвищена напруга електроструму: Виникає при пошкодженні ізоляції на електродвигунах та електропроводці. Контакт з цими струмоведучими частинами може призвести до ураження електричним струмом та серйозних травм.

4. Падіння на підлогу або ремонтні майданчики: Це може відбутися через наявність на них олії, тіста або інших речовин, що викликають ковзання, а також через неналежне взуття. Такі падіння можуть призвести до травм та ушкоджень.

5. Падіння з висоти: Це можливе при роботі на висоті або під час використання інструментів та матеріалів на підвищених рівнях. Необережне поводження на висоті може призвести до серйозних травм.

Кожен з цих ризиків потребує уваги та вживання відповідних заходів безпеки для запобігання можливим травмам та нещасним випадкам на робочому місці.

Всі ці чинники становлять потенційну небезпеку для працівників і вимагають вжиття заходів безпеки та відповідних процедур охорони праці для їх уникнення.

Зазначені небезпечні фактори на робочому місці потребують докладного розгляду для забезпечення безпеки працівників:

1. Пил борошняної суміші: Пил борошняної суміші може стати причиною різноманітних проблем зі здоров'ям, включаючи алергічні реакції та захворювання дихальних шляхів. Особливо це стосується працівників, які постійно перебувають у приміщеннях з високим вмістом пилу, наприклад, в цехах хлібопекарень.

2. Оксид вуглецю та двооксид вуглецю: Виділення цих газів може відбуватися під час процесів випікання та шуміння тіста. Їх перевищення

може спричинити отруєння та навіть смертельні наслідки, якщо вони накопичуються в недостатньо провітрюваному приміщенні.

3. Шумове навантаження: Високий рівень шуму може призвести до пошкодження слуху та інших проблем зі здоров'ям. Продовжений вплив шуму також може викликати стрес, порушення сну та зниження концентрації.

4. Підвищена температура: Підвищена температура в робочому середовищі може спричинити перевантаження теплового режиму організму, зокрема у спекотний період року. Це може призвести до теплового удару, зневоднення та інших проблем зі здоров'ям.

5. Недостатнє освітлення: Недостатнє освітлення робочого простору може призвести до зниження продуктивності, погіршення зору та викликати втому працівників.

Для зменшення впливу цих факторів та забезпечення безпеки працівників можуть застосовуватися різноманітні заходи, такі як встановлення витяжок та вентиляційних систем для зменшення пилу, застосування захисного обладнання, якісне провітрювання приміщення та встановлення додаткового освітлення.

Заходи з електробезпеки передбачають:

1. Заземлення металевих частин електроустановок: Цей захід безпеки передбачає приєднання металевих частин, які не є струмопровідними, до нульових робочих провідників та магістралі заземлення. Заземлення виконується для відведення надлишкового струму у безпечне місце, що допомагає уникнути можливості ураження електричним струмом та попереджує пожежу внаслідок короткого замикання.

2. Використання нульових захисних провідників: Для забезпечення захисту від струму короткого замикання використовуються нульові захисні провідники. Це можуть бути кабельні лотки електропроводок та металеві конструкції будівлі, які допомагають відводити струм у безпечне місце, запобігаючи можливість ураження електричним струмом.

Заходи з пожежної безпеки включають:

1. Відповідність вогнестійкості будівлі: Ця захисна міра передбачає використання конструкцій та матеріалів, які відповідають II ступеню вогнестійкості, тобто здатність будівлі зберігати стійкість та ізолювати від поширення вогню протягом певного періоду часу.

2. Протипожежні заходи в будівлі: Ці заходи передбачають планування приміщень таким чином, щоб забезпечити безпечну евакуацію людей у випадку пожежі. Двері встановлюються так, щоб вони відкривалися у бік евакуаційних виходів, а також встановлюються пожежні вогнегасники та обладнання для ефективного гасіння пожежі та надання першої допомоги.

Ці заходи направлені на забезпечення безпеки працівників та запобігання негативним наслідкам електро- та пожежної небезпеки на виробництві.

Техніка безпеки при експлуатації обладнання

Для забезпечення безпечної експлуатації установки з пожежної безпеки важливо дотримуватися наступних вимог:

1. Дотримання режиму роботи: Установка повинна працювати відповідно до паспортних даних і технологічного регламенту, щоб уникнути можливих аварій або перевантаження обладнання.

2. Запобігання накопиченню статичної електрики: На обладнанні слід встановити пристрої для запобігання накопиченню статичної електрики, що може спричинити іскри та сприяти загоранню.

3. Своєчасне змащування вузлів мастилами: Необхідно дотримуватися регулярного змащування вузлів мастилами, щоб уникнути перегрівання підшипників та забезпечити їхню нормальну роботу.

4. Дотримання графіку оглядів і ремонт Слід своєчасно проводити огляди, профілактичні випробування і ремонт обладнання для виявлення та усунення можливих несправностей.

Для безпечної роботи на обладнанні важливо:

1. Навчання персоналу: Роботу на обладнанні повинні виконувати лише особи, які пройшли навчання та ознайомилися з правилами експлуатації, щоб уникнути нещасних випадків.

2. Перевірка перед пуском: Перед пуском установки слід перевірити правильність складання всіх деталей обладнання та переконатися у відсутності сторонніх осіб біля машини, щоб уникнути травм.

3. Умови робочого приміщення: Приміщення, де працює обладнання, повинно бути чистим, добре освітленим, без наявності бруду та слизькості, щоб забезпечити безпечні умови праці.

Щодо покращення умов праці, можна розглянути такі пропозиції:

1. Технічна документація: Забезпечення працюючих технічною документацією допоможе їм краще розуміти процеси та безпеку роботи.

2. Контроль відповідності нормативам: Постійний контроль відповідності нормативам з охорони праці допоможе підтримувати безпеку та забезпечити дотримання вимог.

3. Засоби захисту: Забезпечення працюючих необхідними засобами захисту від шкідливих та небезпечних факторів виробництва допоможе запобігти травмам та негативним наслідкам для здоров'я.

8. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Сучасні стратегії розвитку харчової промисловості відображають важливість питань виробництва, споживання та якості продукції, а також включають у себе концепції "екологізації виробництва" та "технологій екологізації". Екологізація виробництва означає впровадження технічних та організаційних рішень для оптимізації використання природних ресурсів та покращення якості середовища.

Екологізація технологій включає розробку та впровадження виробничих процесів, спрямованих на збереження екологічної рівноваги та запобігання забрудненню навколишнього середовища. Це охоплює створення маловідходних технологій, застосування енергозберігаючих методів та впровадження систем очищення викидів у повітря та воду.

Хлібопекарська промисловість, як матеріалоємна галузь, використовує значні обсяги ресурсів і може негативно впливати на навколишнє середовище через викиди в атмосферу, формування стічних вод та утворення відходів. Для зменшення цього впливу необхідно вживати заходів, які включають ідентифікацію джерел забруднення та їх ефективну утилізацію.

Промисловість хлібопекарської галузі також враховує можливий вплив на атмосферу та водойми як потенційні джерела забруднення, і вживає заходів для зменшення цього впливу з метою збереження навколишнього середовища.

Характеристики викидів підприємства

Викиди промисловості можуть бути розділені на дві основні категорії: неорганізовані та організовані.

1. Неорганізовані викиди включають в себе різноманітні гази, пари, пил та стічні води, які утворюються під час технологічних процесів і можуть виходити з виробничих приміщень через вікна, двері та щілини, особливо під час завантаження та розвантаження продукції. Ці викиди можуть становити

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Охорона навколишнього середовища	200393.ДП.36.007.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

загрозу для здоров'я працівників і для навколишнього середовища. Наприклад, випуск рідин або газів у повітря може бути небезпечним через порушення технологічних процесів. Підвищені рівні пилу чи парів можуть також призвести до отруєння чи інших негативних впливів на здоров'я працівників.

2. Організовані викиди є керованими спеціальними системами, такими як вентиляційні канали та димові труби, які відводять викиди від місць утворення, таких як технологічне обладнання. Ці системи призначені для того, щоб зменшити вплив викидів на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Щодо викидів харчової промисловості, вони можуть бути класифіковані залежно від різних факторів:

1. Викиди, що виникають під час процесів, що супроводжуються енергією та теплом, такі як згоряння палива або реакції виробництва.

2. Викиди, пов'язані з цехами по вторинній переробці матеріалів, які можуть включати у себе відходи виробництва чи переробки сировини.

3. Викиди, що виникають в результаті основних технологічних процесів, які можуть бути пов'язані з різними стадіями виробництва, включаючи обробку сировини та виготовлення продуктів.

Специфічні викиди на хлібозаводі включають борошняний пил, відпрацьовані гази та продукти згоряння палива. Для управління цими викидами використовуються спеціальні технічні засоби, такі як компресорно-повітряні установки та вловлювачі для різних речовин.

Контроль за якістю повітря здійснюється відповідно до санітарно-гігієнічних норм, які встановлюють максимально допустимі концентрації різних речовин у повітрі з метою захисту здоров'я працівників та збереження навколишнього середовища.

Речовина	Клас небезпеки	Гранично – допустимі концентрації, мг/м ²	
		ГДК мР	ГДК сд
NO	2	0,085	0,04
CO	4	5,0	3
SO	3	0,5	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,16	0,003
Аміак	4	0,2	0,04
Спирт:			
Метиловий	3	1	0,5
Етиловий	4	5	5
Пил:			
Борошняний	4	0,5	0,150
Цукровий	4	0,5	0,5
Бенз – (а) – пірен	1	-	1*10 ⁻⁶

Характеристика скидів

Зазначені стічні води, які викидає хлібозавод, є складними з точки зору їхнього складу. Вони містять не лише розчинені речовини, такі як різні розчинені хімічні сполуки, але і частки різного розміру, які можуть бути твердими, рідкими або газоподібними. Ці частки можуть мати розмір від 10-3 до 10-2 метра, що свідчить про їхню значну різноманітність.

Серед компонентів стічних вод є значні кількості органічних і неорганічних забруднень, що можуть включати в себе різні хімічні сполуки, речовини органічного походження, відходи від технологічних процесів тощо. Ці речовини можуть мати різний ступінь токсичності та впливати на навколишнє середовище та здоров'я людей.

Стічні води, які викидає хлібозавод, сприяють активному розвитку мікроорганізмів у своєму середовищі. Вони мають певні параметри, які характеризують їхні основні властивості. Наприклад, концентрація зважених часток зазвичай становить 150 мг/л, рівень рН знаходиться у межах від 6,0 до

7,0, а споживання кисню мікроорганізмами (БС і ХС) перебуває у діапазоні від 500 до 800 мг O₂/л.

Оскільки стічні води можуть мати значний вплив на довкілля та можуть перешкоджати роботі каналізаційних систем та споруд, важливо, щоб вони відповідали встановленим вимогам. Наприклад, концентрація зважених часток не повинна перевищувати 500 мг/л, а рівень рН має залишатися у діапазоні від 6,5 до 8,5.

Таблиця 8.2

Підприємство	Одиниця продукції	Система водопостачання	Середньорічна кількість стічних вод, що спускаються у водойми на од. продукції.		
			Підлягають очищенню		Всього
			виробничі	побутові	
Х/З продуктивністю 126 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	0,83	0,35	1,18
30	1 тонна впр.	прямоточна	1,89	0,98	2,87
Х/З з кондитерським цехом 46 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	1,7	0,79	2,49
40	1 тонна впр.	прямоточна	1,93	1,21	3,14

Звідки виходять стічні води хлібозаводу?

1. Склад стічних вод: Стічні води, які викидає хлібозавод, складають складну фізико-хімічну суміш. Вони містять різні частки, такі як розчинені речовини і частки різної дисперсності, що можуть мати розміри від 10-3 до 10-2 метра. Окрім твердих часток, вони також містять значну кількість органічних та неорганічних забруднень.

2. Характеристики стічних вод: Стічні води заводу є сприятливим середовищем для активних мікроорганізмів. Їх характеристики включають

наявність зважених часток приблизно на рівні 150 мг/л, рН у межах 6,0–7,0, повне біологічне споживання кисню (БС) від 500 до 700 мг O₂/л та хімічне споживання кисню (ХС) від 600 до 800 мг O₂/л.

3. Обробка стічних вод: Системи каналізації міста, які приймають стічні води від заводу, використовують переважно механічну очистку за допомогою сіток та подальшу біологічну очистку. Періодично може знадобитися видалення жирових речовин.

4. Вимоги до стічних вод: Виробничі стоки підприємства повинні відповідати встановленим вимогам, щоб не перешкоджати роботі каналізаційних мереж та уникнути корозії або відкладання осадів. Концентрація зважених часток не повинна перевищувати 500 мг/л, а рН має знаходитися у діапазоні від 6,5 до 8,5.

Як забезпечується екологічна безпека?

1. Вплив на навколишнє середовище: Хлібопекарні та кондитерські заводи, у порівнянні з іншими галузями, мають обмежений вплив на довкілля. Основними джерелами забруднення є енергетичні системи, силосні установки для просіювання, а також викиди під час бродіння тіста та випікання продуктів. Усі викиди відповідають встановленим екологічним стандартам України.

2. Очищення стічних вод: Стічні води підприємства попередньо очищаються перед відведенням у міську каналізаційну мережу, щоб склад та характеристики відповідали вимогам для каналізаційних мереж.

3. Розробка екологічної технології: Розроблена конструкція машини дозволяє вирішити ряд екологічних проблем, включаючи зменшення споживання електроенергії, обмеження негативних викидів в навколишнє середовище, раціональне використання природних ресурсів та зменшення техногенного впливу на довкілля. Це сприятиме поліпшенню екологічної ситуації в регіоні.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз традиційних методів охолодження: Після проведеного огляду було виявлено, що традиційні методи охолодження готових продуктів у хлібопекарній галузі, такі як природне охолодження на повітрі або використання холодильних камер, мають свої недоліки. Ці недоліки можуть бути вирішені шляхом впровадження вакуумного охолодження.

2. Розробка вакуумної експериментальної установки: З метою проведення досліджень вакуумного охолодження була розроблена вакуумна експериментальна установка. Крім того, була розроблена методика проведення дослідів.

3. Вплив інтенсивності вакуумного охолодження на якість батону: Був встановлений вплив інтенсивності вакуумного охолодження на якість батону. Оптимальний режим вакуумного охолодження був визначений таким, за яких охолоджений батон не втрачає якості при конкретному тиску і швидкості охолодження.

4. Методика визначення структурно-механічних властивостей м'якушки батону: Була розроблена методика проведення досліджень для визначення структурно-механічних властивостей м'якушки батону.

5. Аналіз залежності границі міцності м'якушки батону від температури: Залежність границі міцності м'якушки батону від температури була визначена та представлена у вигляді графіка.

6. Методика розрахунків режимних параметрів вакуумного охолодження батону: Була розроблена методика проведення розрахунків для визначення режимних параметрів вакуумного охолодження батону.

7. Розробка установки для вакуумного охолодження батону: На основі проведених досліджень була розроблена та запропонована установка для вакуумного охолодження батону масою 0,5 кг в потоці. Ця установка значно

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновки		200393.ДП.36.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

скорочує тривалість процесу охолодження батону, зменшує кількість необхідної ручної праці та виробничі площі, необхідні для охолодження готової продукції. Крім того, вона забезпечує потоковість виробництва, що є важливим аспектом у хлібопекарній галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лисовенко О.Т., та ін.. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. / О.Т. Лисовенко, О.А. Руденко-Грицюк, І.М. Литовченко // - К.: «Наукова думка», 2000. – 281 с.
2. Охлаждение сухарных изделий в условиях разрежения / Н. Десик, А. Щербина, Ю. Теличкун, В. Теличкун // Ангел Кънчев : Научни трудове на русенски университет. – 2013. – Т. 52. – С. 139-142. - (серия 10.2 Биотехнологии и хранителни технологии: г. Разград.)
3. Драчева Л. В. Вакуумное охлаждение – инновационная технология / Л.В.Драчева // Кондитерское производство. – 2011. – №6. – С.33.
4. Лисовенко А.Т. Тепло- и влагоперенос в зоне испарения выпекаемого изделия/ А.Т. Лисовенко, С.И. Сидоренко// Пищевая технология, 1973 - №2, с.84-87.
5. Yu. Telichkun, V. Telichkun, M. Desik, O. Kravchenko, A. Marchenko, A. Birsa, S. Stefanov. (2013), Perspective direction of complex improvement of rusk wares, Journal of food and packaging Science, Technique and Technologies, 2(2), pp 67-70.
6. Драчева Л. В. Вакуумноео хлаждение – инновационная технология / Л.В.Драчева // Кондитерское производство. – 2011. – №6. – С.33.
7. Bradshaw, W. Modulated vacuum cooling for bakery products / W. Bradshaw // Bakers Digest. – 1998. – № 5 – P. 26–31.
8. Пучкова Л.И. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева – СПб.: Гиорд, 2005.- 557 с., Матц С.А. Структура и консистенція пищевых продуктов.– М.: Пищевая промышленность, 1972.- 237 с.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Соколовський В.Р.	<i>Назва, додаткова назва</i> Список Використаної літератури	200393.ДП.36.000.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/78	

9. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун, О.О. Губеня, М. Г. Десик, О. М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. -456 с.
10. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості/ В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко; за ред. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
11. Мирончук В.Г., Люлька Д.М., Єщенко О.А., Свідерська О.І. Монтаж та технічний сервіс обладнання/ В.Г. Мирончук, Д.М. Люлька, О.А. Єщенко, О.І. Свідерська. Практикум: навч.посіб. / За ред. В.Г.Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162 с.
12. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв // П.В. Гурський, Ф.В. Перцевий, І.С. Гулий. Практикум. Навч.посібник. – Харків: 2001. – 230 с.
13. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: Навчальний посібник для студентів механічних фахів. – Одеса:Астропринт, 2001. – 320с.
14. Казаков, Н. Ф. Технология пищевого машиностроения: Учебник для ВУЗов по специальности ”Машины и аппараты пищевых производств“ [Текст] / Н. Ф. Казаков, Г. А. Мартынов. — М. : Машиностроение, 1982. — 296 с.
15. Everington D. (2003), Vacuum technology for food processing, Food Technology International Europe, 5, pp. 71–74.
16. Fellows P. (2020), Food processing technology. Principles and Practice. Second Edition, CRC Press.
17. Lelieveld H., Holah J., Gabrić D. (2016), Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition), Elsevier.
18. McDonald K. (2001), The formation of pores and their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling, Journal of Food Engineering, 47, pp. 175–183.

19. Mathias Kinner, Ramona Rüegg, Claudia A. Weber, Jürg Buchli, Ludwig Durrer, Nadina Müller (2021). Impact of selected baking and vacuum cooling parameters on the quality of toast bread. *Journal of Food Science and Technology* volume 58, pages 4578–4586.
20. Primo-Martín C., H. de Beukelaer, Hamer R.J., T. van Vliet (2008), Fracture behaviour of bread crust: Effect of bread cooling conditions, *Journal of Food Engineering*, 89, pp. 285–290.
21. Ralko O. (2012), The restructuring and organisational development in the food industry in Ukraine, in: *Restructuring: theory and practice: (monograph)*, Tetyana Mostenska, Iryna Fedulova, Virginija Jurėnienė (scientific editors)), Kyiv – Kaunas – Szczecin: National University of Food Technologies, Institute of World Economy and International Relations, University of Szczecin, Vilnius University, Kondor, Kyiv, pp. 171–195.
22. Wang, N., Kan, A., Huang, Z. et al. CFD simulation of heat and mass transfer through cylindrical *Zizania latifolia* during vacuum cooling. *Heat Mass Transfer* 56, 627–637 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00231-019-02736-5>
23. Yu-Hang Peng, Wen-Long Cheng, Experimental investigation on the effect of heat transfer enhancement of vacuum spray flash evaporation cooling using Al₂O₃–water nanofluid, *Energy Procedia*, Volume 142, 2017, Pages 3766-3773
24. Zhiwei Zhu, Ying Li, Da-Wen Sun & Hsiao-Wen Wang (2019) Developments of mathematical models for simulating vacuum cooling processes for food products – a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59:5, 715-727, DOI: 10.1080/10408398.2018.1490696
25. Zhijun Zhang, Yuekai Zhang, Tianyi Su, Wenhui Zhang, Lili Zhao, Xun Li, " Teplo and Mass Transfer of Vacuum Cooling for Porous Foods-Parameter Sensitivity Analysis ", *Mathematical Problems in Engineering* , vol. 2014 , ID статті 613028 , 8 сторінок , 2014 . <https://doi.org/10.1155/2014/613028>
26. Zhiwei Zhu, Tian Li & Da-Wen Sun (2021) Pressure cooling and freezing technologies for the food industry: fundamentals and applications, *Critical Reviews*

in Food Science and Nutrition, 61:17, 2793-2808, DOI: 10.1080/10408398.2020 . 1841729

27. Гавва О.М., Теличкун В.І., Губеня О.О., Десик М.Г., Чепелюк М.Г. (2017), Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник, Видавництво «Сталь», Київ

28. Литвинчук А.А., Комарова О.В., Арнаут С.А. (2014), Исследование процесса вакуумно-испарительного охлаждения хлеба. Пищевая промышленность: наука и технологии, 2(24), pp. 45–52.

29. Максим Клапатюк, Олександр Ковальов (2014), Zeovac вакуумне охолодження - технологія майбутнього. 80 міжнародна наукова конференція молодих учених, аспірантів і студентів “Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті” Частина 2, pp. 28-30