

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

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

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХФВ

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Дослідження процесу охолодження галет та розроблення обладнання

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 1

Стовбуха Ігор Андрійович
_____ (прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Десик Микола Григорович
_____ (прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____ (підпис)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництв
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

МАХФВ

проф. Гавва О.М.

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стовбуха Ігор Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу охолодження галет та розроблення обладнання

керівник роботи Десик Микола Григорович , к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “09” листопада 2020 року №935-кв

2. Строк подання здобувачем роботи

3. Вихідні дані до роботи Наукова, навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст, вступ, аналіз процесів та обладнання, що використовуються при виготовленні галет, методи та об'єкти досліджень; дослідження процесу охолодження галет вакуум-випарним способом; впровадження результатів досліджень; правила монтажу та обслуговування апарату для вакуум-випарного охолодження; заходи з охорони праці; техніко-економічний розрахунок впровадження апарату для вакуум-випарного охолодження галет; висновки; список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд апарату для вакуум-випарного охолодження галет, поперечний розріз апарату для вакуум-випарного охолодження галет,

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст	20.11.2020	Виконано
2	Вступ	25.11.2020	Виконано
3	Аналіз процесів та обладнання, що використовуються при виготовленні галет, заходи з охорони праці;	30.11.2020	Виконано
4	Методи та об'єкти досліджень;	05.12.2020	Виконано
5	Дослідження процесу охолодження галет вакуум-випарним способом;	10.01.2021	Виконано
6	Впровадження результатів досліджень;	15.01.2021	Виконано
7	Правила монтажу та обслуговування апарату для вакуум-випарного охолодження;	20.01.2021	Виконано
8	Заходи з охорони праці;	25.01.2021	Виконано
9	Техніко-економічний розрахунок впровадження апарату для вакуум-випарного охолодження галет;	25.01.2021	Виконано
11	Висновки;	25.01.2021	Виконано
12	Графічна частина	25.01.2021	Виконано

Здобувач _____
(підпис)

Стовбуха І.А. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Десик М.Г. _____
(прізвище та ініціали)

Анотація

В магістерській роботі представлені результати актуального напрямку наукових досліджень, а саме, процесу охолодження галет, що відбувається в умовах вакууму.

На даний момент при виробництві галетних виробів процес охолодження відбувається конвекційним або природнім способом, що має значну тривалість та вимагає використання габаритного обладнання. Одним із способів інтенсифікації даного процесу є використання запропонованого вакуумного способу.

Досліджено характер процесу охолодження галет при створенні вакууму. Розглянуто обладнання, що використовується для охолодження та технологію виробництва галет.

Об'єктом дослідження є процес охолодження галет перед їх пакуванням. Досліди виконані на фізичній установці в лабораторних умовах.

Проведені експериментальні дослідження процесу охолодження бісквітних виробів. Побудовані температурні криві процесу охолодження, визначено вплив кінцевого тиску на кількість вологи, що випаровується.. Отримані залежності представлені у вигляді формул та графіків.

Розроблено технологічне обладнання для охолодження галет при потоковому їх виробництві та запропонована лінія для виробництва галет з введенням до її складу апарату охолодження.

Техніко-економічний розрахунок підтверджує доцільність даного впровадження. Розроблені заходи з охорони праці, які забезпечують безпечну роботу оператора апарату для охолодження галет.

Науково дослідна робота складається з 134 листів А4, 2 листів А1, рисунків, таблиць, та специфікацій креслення.

Ключові слова: вакуум, охолодження, галети, виробництво.

Annotation

The master's thesis presents the results of the current field of research, namely, the process of cooling biscuits, which occurs in a vacuum.

At present, in the production of biscuits, the cooling process takes place by convection or natural method, which has a significant duration and requires the use of dimensional equipment. One way to intensify this process is to use the proposed vacuum method.

The nature of the process of cooling biscuits during vacuum creation has been studied. The equipment used for cooling and the technology of biscuit production are considered.

The object of research is the process of cooling biscuits before packing. The experiments were performed on a physical installation in the laboratory.

Experimental studies of the cooling process of biscuit products have been carried out. The temperature curves of the cooling process are constructed, the influence of the final pressure on the amount of evaporating moisture is determined. The obtained dependences are presented in the form of formulas and graphs.

The technological equipment for cooling of biscuits at their stream production is developed and the line for production of biscuits with introduction in its structure of the cooling device is offered.

Technical and economic calculation confirms the feasibility of this implementation. Occupational safety measures have been developed to ensure the safe operation of the biscuit cooling machine operator.

The research work consists of 134 A4 sheets, 2 A1 sheets, figures, tables, and drawing specifications.

Key words: vacuum, cooling, biscuits, production.

Зміст

Вступ.....	5
1. Розділ 1 Аналіз процесів та обладнання, що використовуються при виготовленні галет.....	7
1.1. Технологія та обладнання для виробництва галет.....	7
1.2. Аналіз способів та огляд існуючого обладнання для охолодження хлібопекарських та кондитерських виробів.....	33
1.3. Аналіз процесів тепломасообміну при вакуумно-випарному охолодженні	42
1.4. Фізико-хімічні процеси, що відбуваються при вакуумно-випарному охолодженні хлібобулочних виробів.....	46
Висновки та задачі досліджень.	52
Розділ 2 Методи та об'єкти досліджень.....	55
2.1 Об'єкт дослідження	55
2.2 Експериментальна установка для вакуум-випарного охолодження галет.....	56
2.3 Методика проведення експериментів.....	58
2.4 Математичне моделювання з використанням програмного комплексу ELCUT.....	59
Розділ 3 Дослідження процесу охолодження галет вакуум-випарним способом.....	64
3.1 Вплив величини вакууму на вологість та температуру галет.....	64
3.2 Моделювання процесу природнього охолодження галет в програмному комплексі ELCUT	70
Розділ 4 Впровадження результатів досліджень.....	75
4.1 Розроблення апарату для вакуум-випарного охолодження.....	75
4.2 Розрахункова частина.....	76
Розділ 5. Правила монтажу та обслуговування апарату для вакуум-випарного охолодження	92

Розділ 6. Зазоди з охорони праці.....	97
Розділ 7 Техніко-економічний розрахунок впровадження апарату для вакуум-випарного охолодження галет	108
Висновки.....	128
Список використаної літератури.....	129

Вступ

Виробники продуктів харчування для підтримання конкурентноспроможності приділяють велику увагу оптимізації технологічних процесів, їх інтенсифікації, зменшенню витрат енергії, та підвищенню якості продукції. Для виробництв хлібопекарної галузі промисловості одним з процесів, що потребує інтенсифікації є охолодження виробів.

Оскільки традиційні способи охолодження харчових продуктів передбачають охолодження напівфабрикатів конвективним потоком холодного повітря, то їх використання не завжди доцільне, адже воно обмежено температурою охолоджуючого середовища. Мінімальне значення температури охолоджуючого середовища не повинно призводити до заморожування продукту. Крім того для конвективного охолодження характерний незначний градієнт температур, що призводить до тривалого процесу і до усихання та нерівномірного розподілу вологи в виробі. Тому вивчення процесів охолодження харчових продуктів набуває стрімкого розвитку.

Одним з перспективних методів інтенсифікації технологічного процесу охолодження харчових продуктів, в тому числі і галет є використання вакуум-випарного способу, який ґрунтується на адіабатному кипінні вологи в матеріалі з високою вакуум- та паропроникністю, що має місце внаслідок зниження тиску зовнішнього середовища. Від значення кінцевого тиску залежить кількість вологи, що випаровується з напівфабрикату та його кінцева температура.

Використання даного способу має позитивний вплив на фізико-хімічні та органолептичні показники продукції. Науковцями встановлено такі переваги даного способу при охолодженні хлібобулочних виробів: збільшуються пористість і як наслідок – питомий об'єм виробів, час їх зберігання подовжується, що пояснюється відсутністю зараження

мікроорганізмами, яке має місце при охолодженні конвекцією, а також зменшуються тривалість охолодження продукту.

Однак для кожного виду продукції існують свої особливості. В літературних джерелах відсутня інформація щодо впливу даного способу охолодження на галети.

Наша робота присвячена дослідженню процесу вакуум-випарного охолодження галет та розроблення обладнання.

1 Аналіз процесів та обладнання, що використовуються при виготовленні галет

1.1 Технологія та обладнання для виробництва галет

Галети - борошняні кондитерські вироби, що виробляються з пшеничного борошна із застосуванням дріжджів і хімічних розпушувачів, з додаванням або без додавання різного виду сировини.

Галети є різновидом печива. Залежно від складу і призначення галети поділяються на три види:

- прості без жиру і цукру;
- поліпшені з жиром;
- дієтичні з жиром і цукром.

Прості галети підрозділяються на галети з пшеничного борошна I сорту, із пшеничного борошна II сорту і з пшеничного шпалерного борошна.

Дієтичні галети підрозділяються на галети з підвищеним і зниженим вмістом жиру.

Крекер - сухе печиво, що виробляється з дріжджового тіста з жиром.

Залежно від способу приготування і рецептурного складу крекер ділять на групи:

- - з жиром або з жиром і жировим прошарком на дріжджах і хімічних розпушувачах або тільки на дріжджах;
- - з жиром або з жиром і жировим прошарком на дріжджах і хімічних розпушувачах або тільки на дріжджах, з смаковими добавками (кмин, аніс, велика кількість солі і ін-);
- - Без жиру на дріжджах і хімічних розпушувачах або тільки на дріжджах.

Заміс дріжджового тіста. Галети і крекери готують на дріжджовому тесті.

Для виробництва галет застосовується опарний спосіб, а для крекеру - опарним і безопарним.

Опарний спосіб приготування тіста полягає в тому, що приготування тіста ведуть в дві стадії: на першій стадії готується опара, на другий - тісто.

Опара є рідке тісто з борошна, води і дріжджів. Процес приготування опари полягає в наступному: борошно в кількості 20-50% загальної кількості, воду, цукор і подрібнені дріжджі ретельно перемішують протягом 5- 7 хв до отримання однорідної маси вологістю 52-60% і залишають на бродіння при температурі 30-32 ° С протягом 1-1,5 ч для простих галет і 8-10 ч для крекери.

Готовність опари визначають по збільшенню об'єму в - 3 рази і по початку зменшення максимального обсягу.

Процес дріжджового бродіння складається з двох фаз. На початку під впливом амілолітичних ферментів на крохмаль і декстрини борошна утворюється мальтоза. В результаті подальшого розщеплення мальтози ферментом мальтаза утворюються дві молекули глюкози. Поряд з цим сахараза дріжджів розщеплює сахарозу на глюкозу і фруктозу. Таким чином, на першій стадії бродіння відбувається утворення глюкози і фруктози, які є живильним середовищем для розмножуються дріжджових клітин.

Друга стадія бродіння характеризується утворенням діоксиду вуглецю (вуглекислого газу) і спирту завдяки дії ферменту зимази дріжджів на фруктозу і глюкозу. Власні цукру борошна, а також цукру, що утворюються в результаті дії амілолітичних ферментів, відіграють важливу роль на початку бродіння тіста, а потім бродіння тіста протікає за рахунок доданого до нього цукру.

Під час бродіння опари і тіста накопичується молочна кислота, яка впливає на процеси набухання і пептизації білкових речовин тіста і смак виробів.

При приготуванні тіста для галет в опару зазвичай додають молочну кислоту. Це обумовлено тим, що при короткому бродінні опари і тіста, а також при наявності бікарбонату натрію (двовуглекислої соди), який

нейтралізує кислоти, в процесі бродіння накопичується недостатня кількість молочної кислоти.

Оптимальна температура для бродіння опари і тіста 32-34 ° С. Підвищення температури вище зазначених меж небажано, тому що в протилежному випадку фермент зимаза інактивується і життєдіяльність дріжджів знизиться.

Для скорочення тривалості дозрівання опари і замісу тіста, а також поліпшення якості виробів (збільшення набухання і пористості, зниження щільності, посилення інтенсивності забарвлення поверхні) застосовують очищений ферментний препарат

Тривалість замісу тіста залежить від частоти обертання лопатей місильної машини, властивостей борошна і температури сировини. Заміс галетного тіста триває протягом 50 хв, а при використанні ферментного препарату скорочується до 15-30 хв.

Заміс крекерного тіста триває 40-60 хв, а при використанні ферментного препарату - 25-35 хв.

Оптимальна вологість тіста для галет простих з борошна I і II сортів 33-34%, зі шпалерного пшеничного борошна - 35-36%. Вологість тіста для галет покращених 30-31%, для дієтичних - 26-31%. Вологість тіста для крекеру в середньому 31% в залежності від сорту виробів (для виробів з смаковими добавками дозволена більш висока вологість тіста) ..

Температура тіста в кінці замісу повинна бути 32-35 ° С.

Вилежування, прокатка і формування тіста.

В процесі замісу тісто піддається сильному механічному впливу, в результаті чого в ньому виникає внутрішня напруга, які обумовлюють деформацію тестових заготовок при формуванні.

Вилежування. Для ліквідації внутрішніх напружень в тесті, підвищення його пластичності, забезпечення ряду біохімічних і мікробіологічних

процесів (в основному при виготовленні дріжджового тіста) тісто після замісу піддається вилежуванню.

На ряді кондитерських фабрик застосовуються спеціальні камери для вилежування тіста, в яких створені оптимальні температура і відносна вологість повітря. Вилежування тістав таких камерах сприяє різкому поліпшенню якості тіста і готової продукції.

При відсутності спеціальних камер вилежування тіста здійснюється в приміщенні цеху на столах або в дежах. Для цього тісто поміщають в діжу або укладають на стіл, накривають брезентом або щільним полотном і залишають лежати протягом певного часу. Брезент використовується для збереження температури тіста і запобігання утворенню на його поверхні скоринки, яка погіршує стан поверхні печива. При зберіганні тістав приміщенні з високою відносною вологістю повітря (80-90%) корочка не утворюється.

Тісто на столах слід укладати тонким шаром, в іншому випадку може статися його самосогревання і, як наслідок, передчасне розкладання карбонату амонію (вуглекислого амонію).

При вилежуванні дріжджового тіста для галет і крекерів відбувається ряд процесів, що викликаються в тесті дріжджами і призводять до його дозрівання. Основними з них є процес спиртового бродіння, розмноження дріжджових клітин, колоїдні, фізичні та біохімічні процеси.

В процесі спиртового бродіння зімазний комплекс ферментів дріжджів забезпечує перетворення моносахаров в спирт і діоксид вуглецю. Використовувані у виробництві дріжджі можуть зброджувати всі основні цукру тіста- глюкозу, фруктозу, сахарозу та мальтозу.

Глюкоза і фруктоза зброджуються безпосередньо. Сахароза попередньо перетворюється сахараза в глюкозу і фруктозу. Швидкість цього перетворення сахарози дуже велика: вже через кілька хвилин після замісу тіста вся міститься в ньому сахароза перетворюється в глюкозу і фруктозу.

Кількість діоксиду вуглецю, що виділився в тесті при зброджуванні цукрів, становить приблизно 70% від теоретично можливого.

На швидкість спиртового бродіння в тісті впливає і ряд інших чинників: температура, величина рН, присутність в тесті ряду вітамінів і мінеральних сполук.

Наприклад, збільшення температури тіста з 25 до 35 ° С подвоює швидкість бродіння і газоутворення в тісті.

Оптимальною для бродіння і для дихання дріжджів є кисла реакція середовища в межах рН 4-6.

В процесі бродіння відбувається збільшення кислотності опари і тіста, викликане накопиченням продуктів, що мають кислу реакцію.

У зброджуваних тесті присутні молочна, оцтова, бурштинова, яблучна, мурашина, лимонна і деякі інші органічні кислоти.

Наростання кислотності тіста в процесі його приготування на пресованих дріжджах в основному обумовлено накопиченням в тесті молочної кислоти. Значну роль відіграє також накопичення оцтової кислоти. На частку інших кислот припадає зазвичай менш 10% кислотності тіста.

Колоїдні процеси, що відбуваються при замішуванні тіста, не закінчуються до моменту закінчення замісу, а тривають і в процесі вилежування тіста. Продовжують інтенсивно розвиватися процеси набухання і пептизації білків тіста і слизу борошна, збільшується гідрофільність колоїдів тістаза -Рахунок поступового підвищення кислотності тіста, накопичення спирту.

В процесі вилежування відбувається збільшення обсягу тіста, викликане розпушення бульбашками діоксиду вуглецю (вуглекислого газу), що накопичується в результаті спиртового бродіння. Внаслідок збільшення тіста обсязі при його бродінні відбувається подальше витягування і розтягування клейковини клітин з набряклих частинок борошна.

Подальше злиття цих клітин при механічних операціях прокатки тіста забезпечує створення в тесті структурного губчастого каркаса клейковини, що обумовлює газоутримуючу здатність тіста в процесі випічки. В результаті цього печиво набуває тонкостенну рівномірну пористість.

Температура тіста в процесі вилежування зазвичай збільшується на 2-3 °С в порівнянні з початковою температурою тіста відразу після замісу. Обумовлено це зекзотермічністю процесу і незначним адсорбційним зв'язуванням вологи, що продовжуються при бродінні тіста.

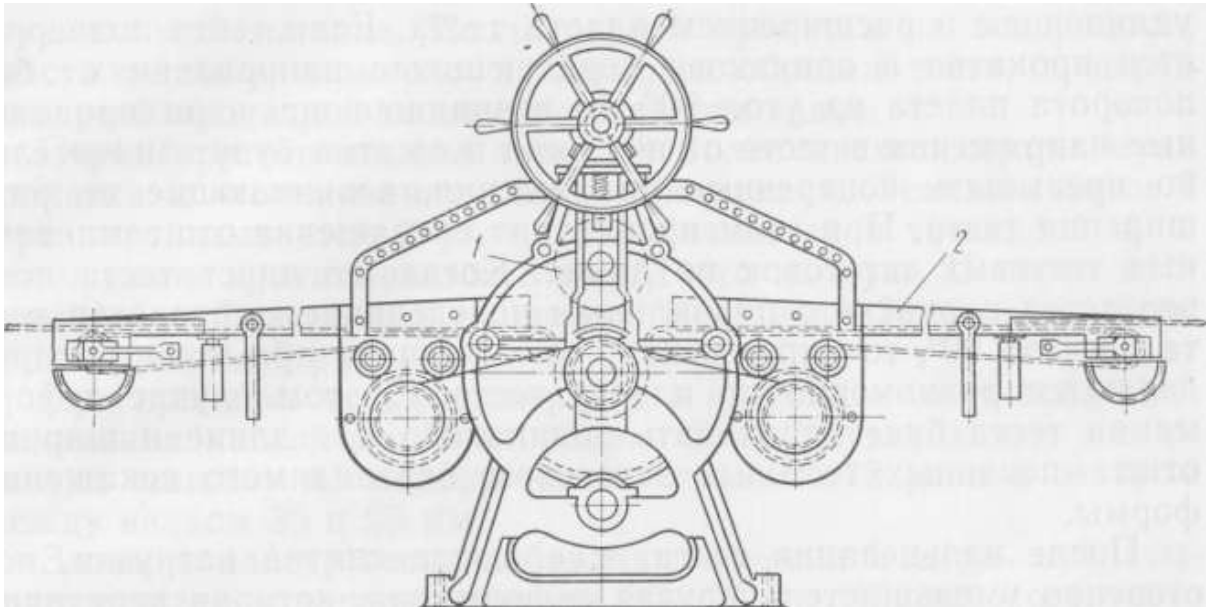


Рис.1.1. Двовалкова реверсивна машина для прокатки тіста: 1 — валки; 2 — транспортер

Процес спиртового і кислотного бродіння тіста являє собою цілий ланцюг складних біохімічних процесів, обумовлених взаємодією комплексу ферментів дріжджів і кислотоутворюючих бактерій тіста і ферментів борошна.

При цьому в тесті містяться розчинні продукти, необхідні для дріжджів і кислотоутворюючих бактерій, а з клітин дріжджів в тісто виділяються основні та побічні продукти бродіння.

Поряд з цим речовини, що входять до складу тіста, відчують комплекс перетворень, обумовлених дією ферментів борошна і продуктів, що

виділяються дріжджами і кислотообразуючими бактеріями тіста. В результаті цього складу і властивості тіста безперервно змінюються.

прокат тесту. Це операція перетворення безформних шматків тіста в тестову стрічку, з якої потім можна здійснювати формування виробів.

Для прокатки тіста застосовуються двошвалкові реверсивні машини (рис. 28) або ламінатор.

У процесі прокатки тісто, що володіє пружноеластичними властивостями, відчуває внутрішні напруження, що виникають в ньому під впливом обробки на двошвалковій прокаточній машині або ламінаторі. В результаті пружна деформація частково переходить в пластичну, що супроводжується частковою релаксацією пружних напружень.

В процесі багаторазової прокатки тісто відчуває деформацію зсуву і стиснення. Внаслідок цього в тесті виникають поздовжні і поперечні напруження, що супроводжуються подовженням і розширенням пласта тіста. Якщо тісто піддається прокатці в однаково чергуються напрямках без повороту пласта на кут 90° , то виникли при цьому поздовжні напруження в тесті від витяжки та стиснення будуть значно перевищувати поперечні напруження, що виникають від розширення тіста. При цьому відбувається скорочення відштампованих тестових заготовок по довжині. Коли ж пласт тіста піддається прокатці з правильним чергуванням поворотів тіста на кут 90° , то напруження, що виникає при цьому, розподіляються рівномірно по пласту тіста. В цьому випадку деформація тіста буде проходити однаково по довжині і ширині відштампованих тестових заготовок, без видимого спотворення форми.

Після вальцювання тіста, т. Е. Після зняття навантаження, поступово зменшується пружна деформація, яка переходить в пластичну. В цей же час відбувається вирівнювання внутрішніх напружень.

При прокатці тістатакож відбувається рівномірний розподіл повітря, яке захоплюється тестом під час перемішування. При цьому надлишок повітря віддаляється, завдяки чому тісто набуває дрібнопористу структуру.

Багаторазова прокатка і складання пласта сприяють поліпшенню листового тіста, що надає характерну тендітну і шарувату структуру зтяжного печінкою, крекеру і галет.

Залежно від застосовуваної технології використовуються різні схеми прокатки тіста. При використанні добавок покращувачів (ферментних препаратів, піросульфїту натрію) схема прокатки тістаспрощується.

Схема прокатки зтяжного тіста без добавок-поліпшувачів з борошна вищого гатунку на двовалкова реверсивної машині передбачає п'ять послідовних стадій прокатки і вилежування пласта тіста: попередня прокатка, перше вилежування, перша лицьова прокатка, друге вилежування, друга лицьова прокатка.

Після замісу тісто шматками масою не більше 35 кг спочатку прокочується на підготовчій двовалкова машині п'ять разів (вважаючи прокатку в одному напрямку за один раз), з яких перші три рази - з поступовим зменшенням зазору між валками (90, 70, 50 мм). Перед четвертою прокаткою пласт тістаскладають удвічі по довжині стрічки і пропускають ще 2 рази (зазор 80 і 60 мм). Після цього тісто вилежується на столі протягом 2-2,5 ч і знову прокочується 4 рази в напрямку, перпендикулярному першим прокатки. При цьому воно пропускається через валки з поступовим зменшенням зазору, причому після першої прокатки пласт тістаскладається вдвічі.

Прокатане тісто вдруге піддається вилежування протягом 30 хв, а потім прокочується 5 раз на лицьовій

двовалкова машині. Після першої прокатки на поверхню пласта тіста рівномірно насипаються обрізки тіста, а перед четвертою прокаткою тісто складається вдвічі.

Перед приготуванням тістаз нижчих сортів борошна прокатка і вилежування тіста спрощуються. Тісто з борошна I сорту прокочується 3 рази, вилежується протягом, 1 ч, а потім знову прокочується 5 раз. Тісто з борошна II сорту прокочується 2 рази, вилежується протягом 30 хв, а потім прокочується 5 раз.

При прокатці шматки крекерного і галетного тістапісля вилежування масою до 35 кг подаються на двовалкової реверсивну машину і піддаються прокатці 2 рази з проміжком між валком 35 і 25 мм.

Потім до пласту тіста додають обрізки і знову прокочують з зазором між валками 30-35 мм. Після цього тісто складають удвічі, повертають на кут 90° і прокочують між валками з зазором 35 мм. Пласт тістазнову складають, повертають на кут 90° і пропускають через валки.

Після лицьовій прокатки тісто прокочується на шліфуються валках, призначення яких полягає в поступовому зменшенні товщини тестової стрічки перед формуванням на штамп- машині. Швидкість тестової стрічки між першою і другою парами шліфуються валків регулюється так, щоб тестова стрічка не набігала на другу пару валків і в той же час не була натягнута. У першому випадку тестова стрічка буде нерівномірною щільності, а в другому - надмірно розтягуватися, що призведе до спотворення форми тестових заготовок.

Товщина тестової стрічки після проходження першої пари шліфуються валків 7-10 мм, після другої пари валків -

4,0 мм.

Тестова стрічка перед штампуванням повинна бути ненатягнутої, вільної, з невеликою складкою. Це досягається зниженням швидкості руху проміжного транспортера. Тестова стрічка, що надійшла на штампування в натягнутому вигляді, матиме викривлену форму.

У процесі прокатки до свіжого тіста додають тестові обрізки, що надходять зі штамп-машини для вторинної переробки. Слід прагнути до того, щоб різниця в температурі між тестом і обрізками була невеликою.

При приготуванні тіста з використанням добавок-поліпшувачів (піросульфату натрію, ферментного препарату протосубтиліна Г10х і ін.) Стадії попередньої прокатки і вилежування тіста ліквідуються.

Тісто після замісу відразу ж надходить на прокатку, де воно прокочується з додаванням обрізків 8 раз і подається на формування.

В останні роки широко використовується в промисловості ламінатор, який дозволяє безперервно прокатувати стрічку тіста для затяжного, галетного і крекерного тіста.

Ламінатор (рис. 1.2) складається з декількох пар гладких або рифлених валків і системи транспортерів, змонтованих на загальній станині, забезпеченою регулювальними пристроями і контролюючими приладами.

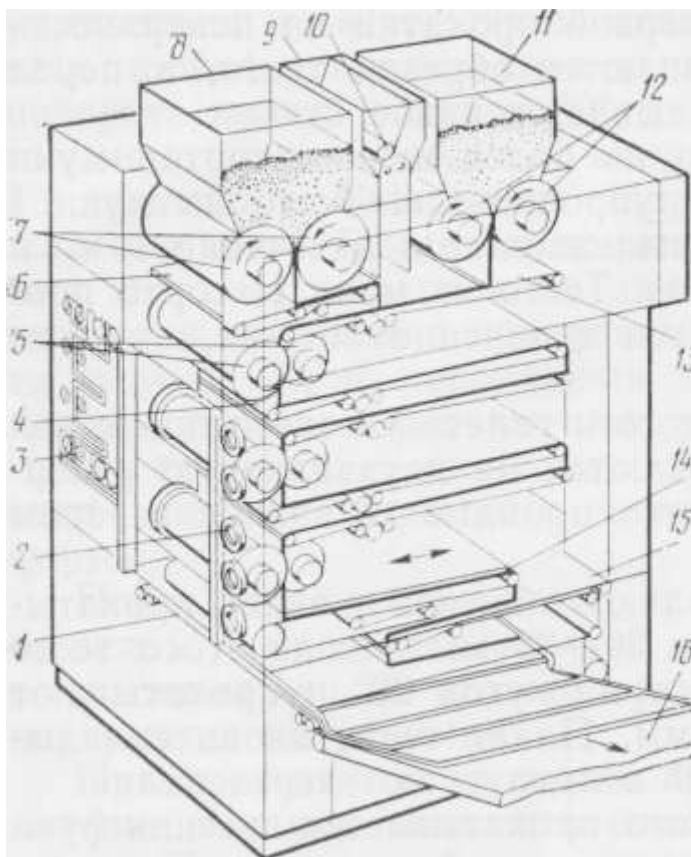


Рис.1.2. Схема тістовальцьової машини - ламінатора

Ламінатор працює наступним чином. Тісто надходить в прийомні воронки 8 і 11. В одну з воронок можна подавати обрізки тестової стрічки після штампування з неї виробів. Дном обох воронок служать рифлені або гладкі валки 7 і 12, що забезпечують попереднє вальцевание двох стрічок тіста, що надходить на горизонтальні транспортери 6 і 13.

Після першого вальцювання тісто подається на транспортер 4 для вилежування. Каток і вилежування тіста в ламинаторе виконують тричі, потім проводять його багаторазове шарування.

Правий барабан транспортера 15 і лівий барабан транспортера 14 здійснюють зворотно-поступальний рух, в результаті якого тісто укладається шарами на транспортер 1, розташований під прямим кутом до транспортерів 14 і 15. Багат шарова стрічка тіста, отримана на ламинаторе, надходить на транспортер 16, потім на цих величин валки і формування. Частоту обертання валків і швидкість транспортерів регулюють з пульта управління 3, розташованого біля ламінатора, зазор між валками - обертанням штурвалів 2.

Одним з ефективних способів поліпшення якості крекери є введення жирового прошарку (жіромучніе суміші) між шарами тіста при складанні і прокочуванні.

Жировий прошарок являє собою суміш жиру і муки в різному співвідношенні, в яку можуть бути введені різні смакові добавки: цибуля, перець, кмин і т. П.

Від виду жиру, співвідношення жиру і муки, а також від співвідношення між жировим прошарком і тестом залежить якість крекери.

Найкраща якість крекери досягається при використанні жирового прошарку з співвідношенням жиру і муки (1: 1) - * - (1: 2) і при додаванні її в тісто в кількості 10% до маси тіста. При прокатці тіста з жировим прошарком на ламинаторе вона подається рифленим валком 10 з приймальні воронки 9 на стрічку тіста, що надходить з-під валків 12, і покривається зверху тістом,

яке надходить з-під валків 7. Таким чином, на вальцевание між валками 5 надходить стрічка тіста з жировим прошарком.

Формування тіста. Формування тіста здійснюється на різному устаткуванні.

В даний час найбільш поширеним типом обладнання для формування упругоеластично-в'язкого тіста (затяжного, галетного, крекерного) є штампувальні машини легкого типу.

Процес формування на цих машинах складається з наступних операцій: отримання тестової стрічки товщиною 4 мм за допомогою двох пар шліфують валків, вирубка заготовок геста за допомогою штампу механізму, повернення спеціальним транспортером обрізків і ін. На сучасних агрегатах тестові заготовки формують без зупинки руху тестової стрічки. При цьому тестова стрічка супроводжується штампом, який пересувається в горизонтальному напрямку зі швидкістю, що відповідає швидкості руху тестової стрічки. Після вирубки першої порції тестових заготовок штамп повертається для вирубки наступної порції заготовок. Штамп працює з частотою 150-200 ударів в хвилину. Таким чином, він робить рух не тільки у вертикальній площині, виробляючи вирубку заготовок, але і в горизонтальній, завдяки чому тестова стрічка може здійснювати безперервний рух. Обрізки, що залишаються після вирубки заготовок, спеціальним транспортером повертаються до лицьової вальцевальної машини або воронці ламінатора.

Штамп механізм складається з ряду сталевих або бронзових матриць, що мають форму склянки з загостреними краями. У середині матриць знаходяться пуансони, через отвори в яких проходять трафарети з написом, виконаним у вигляді гострих, ріжучих крайок; і шпильки, проколюють заготовку. Кількість необхідних проколів тестової заготовки шпильками залежить від виду тіста: для галетного 3 проколу на 1 см² поверхні заготовки, для затяжного 1, а для крекерного 1 прокол на 2 см² поверхні заготовки.

Проколи сприяють виходу водяної пари з тестової заготовки при випічці. Це перешкоджає утворенню здуття (бульбашок) на поверхні випеченого виробу.

Товщина тестових заготовок для затяжного печива 3,0-мм, для галет і крекерів - 2,5-3,5 мм.

В останні роки для затяжного, крекерного і галетного тістастав застосовуватися роторний спосіб формування. При цьому способі вирубка заготовок проводиться обертовим ротором з попередньо прокатанного пласта тіста. На формувальному роторі укріплені ріжучі матриці, в корпусі яких укріплені трафарети з ножами і шпильками для проколювання заготовок тіста.

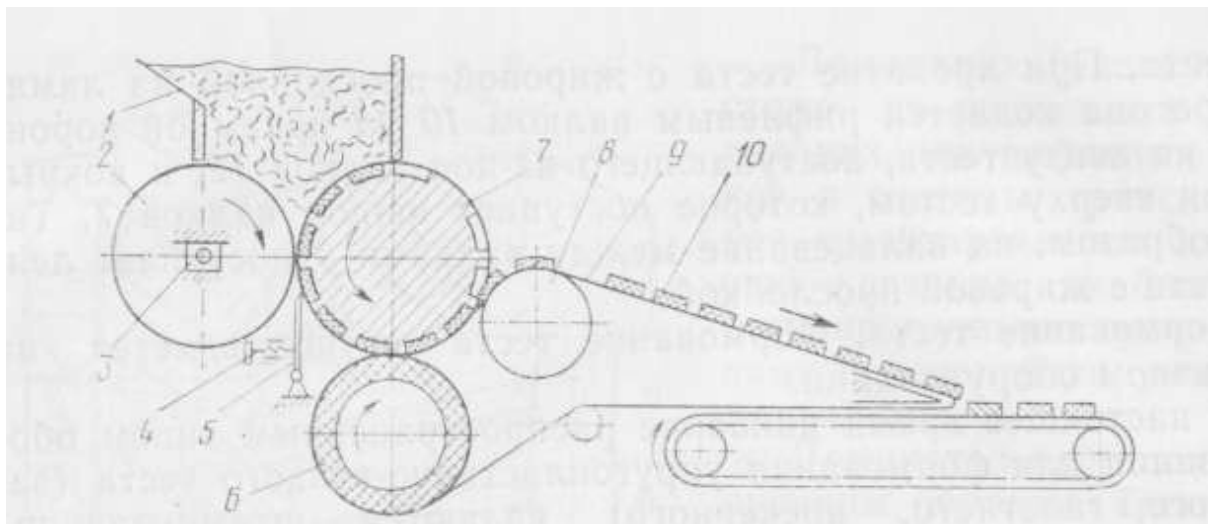


Рис. 1.3. Схема ротаційно-формувальної машини

Для формування пластичного тістастав цукрового переважно застосовують ротаційні машини. Такі машини мають ряд переваг: висока продуктивність, порівняльна простота конструкції і обслуговування; відсутність при їх використанні обрізків тіста; порівняно невелика займана площа; відсутність ударних навантажень при їх роботі. Однак слід враховувати, що при використанні цих машин вологість тіста повинна бути у таких межах: 14-17,5%, температура - не вище 28 ° С.

На рис. 1.3. представлена схема ротаційної машини. Тісто з завантажувальної воронки 1 потрапляє між обертовими назустріч один одному рифленим валом 2 і форми ротором 7.

Зазор між ними можна регулювати залежно від сорту і властивостей тіста. Для цього підшипник 3 рифленого валу 2 здатний переміщатися в горизонтальній площині. Це дозволяє регулювати величину тиску вдавнення тістав вигравірувані форми ротора 7. Одним з основних робочих органів машини є ніж 5, розташований в щілині між рифленим валом 2 з форм ротором 7. Ніж 3 притискається до поверхні ротора за допомогою регулюючого гвинта 4. Ніж очищає поверхню формуючого ротора від тістатаким чином, що воно залишається тільки в вигравіруваних на його поверхні поглибленнях. Від правильного положення ножа в значній мірі залежить якість формування. Виїмка відформованих заготовок з форм проводиться за допомогою транспортерної стрічки 9, яка притискається до форми ротора за допомогою ведучого барабана 6 і направляючого, покритого гумою ролика 8. При цьому відформовані заготовки 10 витягуються з форм, надходять на транспортерну стрічку 9 і направляються на випічку.

Для вироблення печива різної форми формуючі машини комплектують кілька форм роторами, на поверхні кожного з яких вигравірувані різні комплекти малюнків. При зміні асортименту ротор заміняють. На ротаційних машинах можна формувати також тісто для пісочно-виймального здобного печива.

Випічка печива

У технологічному процесі виробництва печива, крекери і галет випічка є однією з основних операцій.

При випіканні відбуваються складні фізико-хімічні і колоїдні зміни в заготовці, які призводять до утворення готових виробів відповідної якості.

Випікання з теплофізичної точки зору - це гіротермічний процес, для якого характерні перенесення теплоти і видалення вологи в колоїдних капілярно-пористих матеріалах під дією високої температури.

Випічка виробів відбувається в печах, в яких теплота передається від гріючих поверхонь і пароповітряної суміші до тістових заготовок. В процесі теплообміну тестових заготовок з гріють поверхнями печі і пароповітряної сумішшю пекарної камери відбувається пошарове прогрівання тіста.

Поверхневі шари тестових заготовок приблизно впродовж хвилини досягають температури близько 100°C , за цей же проміжок часу температура внутрішніх шарів тіста не перевищує 70°C . По мірі прогріву тіста температура поверхневих шарів підвищується з меншою інтенсивністю і до кінця випічки досягає $170\text{-}180^{\circ}\text{C}$. Температура центральних шарів тіста до кінця випічки досягає $106\text{-}108^{\circ}\text{C}$.

Поряд зі зміною температури тістав процесі випічки відбувається зміна вологості тіста. Зневоднення тіста може до певної межі відбуватися нерівномірно і характеризується трьома періодами. Під час першого періоду відбувається інтенсивний прогрів тіста, при чому інтенсивність вологовіддачі зростає і носить змінний характер. До кінця цього періоду різниця вологості зовнішніх і внутрішніх шарів тіста все більш зростає в результаті зневоднення поверхневих шарів тіста.

При другому періоді випічки вологовіддача відбувається з постійною швидкістю. Волога випаровується при температурі вище 100°C , з поступовим поглибленням зони випаровування всередині тістапечива, що супроводжується різким збільшенням обсягу печива.

У третьому періоді випічки швидкість вологовіддачі поступово зменшується, а зона випаровування досягає центральних шарів тіста–печива. Цей період характеризується частковим видаленням зв'язаної вологи і утворенням скоринки.

У першому і другому періодах відбувається нагрівання заготовки з випаровуванням вологи з її поверхні при відсутності переміщення вологи від внутрішніх шарів до поверхневих, що характерно для процесу випікання. При цьому вологість в центральних шарах кілька збільшується в результаті переміщення вологи від периферійних до центральних шарів тіста печива. У третьому періоді відбувається переміщення вологи від внутрішніх шарів до поверхневих, що характерно для процесу сушіння.

Кожному періоду випічки повинна відповідати оптимальна температура середовища пекарної камери. Так, в першому періоді температура пекарної камери повинна бути невисокою, щоб на поверхні тестових заготовок передчасно не утворилася скориночка, яка створює опір і перешкоджає випаровуванню вологи і підйому виробів. У другому періоді процесу випікання теплообмін має бути збільшений, тому температура середовища пекарної камери повинна бути максимальна. У третьому періоді процес характеризується зменшенням швидкості вологоотдачі тому температура середовища має бути знижена. Збільшення температури середовища в цьому періоді випікання призводить до обвуглювання поверхні виробів.

Збільшення товщини тестових заготовок подовжує процес випічки, так як він відбувається при більш низькій температурі середовища. Зі збільшенням товщини тестових заготовок збільшується опір проходженню теплоти через тісто і тому вологовіддача тістасповільнюється. При порівняно повільній вологоотдачі більш висока температура середовища сприяє передчасному утворенню скоринки, що запобігає зневодненню тестових заготовок. В результаті виходить сире, глевкий печиво. Збільшення тривалості випічки в цьому випадку призведе до обвуглювання поверхні печива.

На тривалість випічки впливає щільність тіста: добре розпушеному тісто випікається швидше, ніж щільне.

У процесі випічки відбуваються фізико-хімічні зміни тіста. Особливо це стосується білків і крохмалю борошна, які відіграють основну роль в утворенні структури виробів. При прогріванні тіста до температури 50-70 ° С білкові речовини тіста піддаються денатурації і коагуляції. При цьому звільняється вода, поглинена при набуханні, а крохмаль набухає і частково клейстеризується.

Звільнені і скоагульованого білки клейковини і частково клейстеризований крохмаль утворюють пористий скелет, на поверхні якого адсорбується жир у вигляді тонких плівок. При температурі 60 ° С карбонат амонію розкладається з виділенням газоподібних речовин - аміаку і вуглекислоти. Гідрокарбонат натрію розкладається при температурі 80-90 ° С з виділенням вуглекислоти. При підвищенні температури тістатиск і обсяг утворюються газоподібних продуктів збільшуються, в результаті чого змінюється обсяг тестових заготовок, а пори в тесті значно збільшуються.

У розпушенні тіста велику роль відіграють пари води, які утворюються в тесті в процесі випічки.

У процесі випічки відбуваються поступове зневоднення поверхневих шарів і утворення скоринки на поверхні тіста. Дуже важливо, щоб освіта скоринки відбувалося не відразу, а поступово, так як її появу перешкоджає збільшенню обсягу тестових заготовок. Тому процес випічки спочатку ведуть при невисокій температурі з зволоженням середовища пекарної камери, що сприяє утворенню тонкої скоринки в більш пізній період.

При виборі оптимального режиму випічки необхідно враховувати вплив параметрів пароповітряної середовища пекарної камери на колоїдні і фізико-хімічні процеси, що протікають в тесті, які зумовлюють в результаті отримання виробів зі строго визначеними якісними показниками. Поряд з цим необхідно забезпечити оптимальні умови для теплообміну в пекарної камері, що дозволяють найбільш продуктивно і економічно вести процес.

Рекомендований наступний оптимальний режим випічки печива.

Спочатку процес випічки повинен відбуватися при високій відносній вологості (60-70%) і порівняно низькій температурі (не вище 160 ° С) середовища пекарної камери, що сприяють сприятливому протіканню колоїдних і фізико-хімічних процесів в оптимальних умовах.

Висока відносна вологість середовища пекарної камери, що досягається штучним зволоженням, інтенсифікує прогрів тіста, який сприяє денатурації білків і часткової клейстеризації крохмалю, а також розкладання хімічних розпушувачів з виділенням газоподібних продуктів, що розпушують тісто.

Невисока температура в поєднанні з високою відносною вологістю середовища пекарної камери виключає можливість утворення скоринки на поверхні виробів в першому періоді випічки. Еластична плівка, що утворюється на поверхні виробів, не робить значного опору розширюється газам всередині тестових заготовок, що сприяє поступовому піднесенню виробів і, отже, утворенню пористої структури.

Другий період випічки характеризується поступовим збільшенням температури середовища пекарної камери до 250- 300 ° С, яка підтримується в другій зоні печі.

Відносна вологість середовища пекарної камери може бути знижена, тому зволоження пекарної камери в цій зоні випічки не виробляють.

У другому періоді випічки тривають і в основному завершуються колоїдні і фізико-хімічні процеси в тісті, пов'язані з денатурацією і коагуляцією білка, часткової клейстеризації крохмалю і розкладання хімічних розпушувачів.

Третій період випічки характеризується постійною температурою, зниженою до 250 ° С. У цьому періоді відбувається остаточна фіксація структури виробів з утворенням кірочки на їх поверхні і завершується процес видалення надлишку вологи.

Тривалість випічки печива зазвичай коливається в межах 4-5 хв. При оптимальному режимі тривалість випічки скорочується до 3,5 хв.

Для випічки галет і крекерів зазвичай застосовується змінний температурний режим з обов'язковим зволоженням середовища пекарної камери. Перші 4 хв температура середовища пекарної камери поступово підвищується з 230 до 270 ° С, потім поступово знижується до 205 ° С. Загальна тривалість процесу випікання для простих галет 7-10 хв, дієтичних галет і крекерів 5-7 хв. Більш тривала випічка галет в порівнянні з печивом пояснюється тим, що вологість і товщина тестових заготовок цих виробів вище, а максимальна температура середовища пекарної камери нижче.

Для випічки борошняних кондитерських виробів використовуються печі різних конструкцій, які класифікуються па способу обігріву пекарної камери:

а) жарові, що акумулюють теплоту стінками пекарної камери в процесі безпосереднього згоряння в ній палива;

б) каналні, де теплоносієм є газ, що утворюється при згоранні палива і передає теплоту в пекарню камеру через стінки каналів;

в) з пароводяним обігрівом, де теплоотдающей поверхнею є трубки Перкінса;

г) тунельні з безпосереднім спалюванням газу в пекарних камерах за допомогою пальників або обігриваються електрикою за допомогою тепловіддаючим поверхонь у вигляді елементів опору.

За конструкцією пекарського пода розрізняють печі зі стаціонарним, висувним і конвеєрним подом.

Найбільш механізованими є печі з конвеєрними подами, які також поділяються на такі основні типи: ланцюгові, колискові, карусельні, а також стрічкові.

Типовим обладнанням для випічки печива і галет є тунельні газові печі безперервної дії з конвеєрними ланцюговими або стрічковими подами.

У разі використання тунельних печей з конвеєрними ланцюговими подами листи з тестовими заготовками встановлюються на ланцюгові

конвеєри, які просуваються уздовж печі і обігріваються двома рядами пальників, розташованих над і під конвеєром.

Однак Ці печі В останні РОКИ витісняються більш СО 'вершать тунельними газовими печами безперервної дії з перфорованими або сітчастими сталевими стрічками, в яких тестові заготовки укладаються безпосередньо на стрічку пекарної камери. Перевага віддається однострічковій печей.

Газові тунельні печі мають ще й ту перевагу, що нагрів пекарної камери до робочої температури здійснюється за 2-3 ч, в той час як в каналних цегляних печах на це потрібно 2-3 добу. Охолодження цих печей в разі термінового ремонту проводиться також в мінімально короткий час.

В даний час широко впроваджуються електричні печі, які мають ряд переваг перед іншими конструкціями печей.

Охолодження печива

Для надання виробам необхідної механічної міцності, що дозволить знімання виробів з трафаретів або пічних стрічок, готові вироби охолоджують. Вироби, що випікають на трафаретах, охолоджують до температури 50-70 ° С на нерухомих або обертових стелажах, після чого стає можливим зняти вироби з трафаретів без порушення форми виробів.

При випічці виробів на перфорованих або сітчастих сталевих стрічках печі на виступаючій частині транспортера печі виконують попереднє охолодження до температури 50-70 ° С. Вироби набувають необхідну міцність, що дозволяє механічний розвантажувати їх зі сталевих стрічок печі на транспортер для остаточного охолодження заготовок при тепловіддачі в навколишнє середовище.

З метою запобігання виникнення перенапруг в заготовках, що призводять нерідко до утворення тріщин, вироби охолоджувати необхідно при порівняно м'якому режимі. Занадто низька температура охолоджуючого повітря може призвести до утворення тріщин у виробах. Різна вологість

поверхневих і внутрішніх шарів заготовок після випічки призводить до значного перерозподілу вологи всередині виробів, внаслідок чого відбувається зміна розмірів шарів виробів, що також веде до розтріскування готових виробів.

Рекомендуються такі оптимальні умови охолодження печива: температура охолоджуючого повітря 20-25 ° С, швидкість 3-4 м / с. Найбільш доцільно охолоджувати заготовки на закритому транспортері з примусовою циркуляцією повітря.

Спочатку, на виступаючої з печі частини транспортера, вироби охолоджуються до 50-70 ° С, а потім за допомогою ножів, вироби відокремлюються від транспортера і подаються на другий охолоджуючий транспортер закритого типу, де відбувається остаточне охолодження виробів до температури 32-40 ° С.

Охолодження виробів супроводжується додатковим видаленням вологи за рахунок теплоти, акумульованої виробами під час випічки. Так як запас теплоти у виробках обмежений, то в міру охолодження виробів видалення вологи сповільнюється, а в кінці зовсім припиняється. При цьому на інтенсивність охолодження печива великий вплив робить швидкість охолоджуючого повітря. Найбільш інтенсивна усушка відбувається в першу хвилину, при цьому зі збільшенням швидкості охолоджуючого повітря усушка знижується. Це пояснюється тим, що при збільшенні швидкості охолоджуючого повітря швидше знижується температура виробів і тому сповільнюється видалення з них вологи.

Видалення вологи з печива при охолодженні без примусової циркуляції повітря відбувається повільніше, а розміри усушки збільшуються через збереження виробами високої температури протягом більш тривалого часу.

Занадто низька температура охолоджуючого повітря призводить до утворення тріщин на виробках.

На розтріскування печива впливають також вміст клейковини, кількість жиру в рецептурі, товщина печива, умови випічки. Чим вищий вміст клейковини в борошні, тим менше розтріскується печиво. Вироби, виготовлені з значною кількістю цукру без жиру, схильні до розтріскування. Жир і яйця надають пластикується вплив і тому запобігають появі тріщин у виробках. Зі збільшенням товщини виробів розтріскування і утворення брукхту, як правило, зменшуються. Недовипеченное печиво більшою мірою дає тріщини, оскільки підвищена кількість нерівномірно розподіленої вологи у виробках викликає перенапруження. Розтріскування зазвичай виявляється в процесі зберігання виробів в фасованих пачках і ящиках.

Упаковка і зберігання печива

Упаковка. Печиво упаковують в пачки вагою нетто 50, 100, 150, 200 і 250 г, фасують в коробки, а для внутрішньоміського споживання - в паперові або целофанові пакети. Упаковку зазвичай виробляють в два шари паперу: подвертку і барвисту етикетку з паперу. Іноді застосовують третій шар з картону або паперу, а також вставки у вигляді картонних денець, які надають пачці жорсткість.

Упаковувати печиво в пачки можна і без етикеток, якщо воно загорнуте в целофан з малюнком; при використанні целофану без малюнка на пачку наклеюється марка з товарним знаком або пачка склеюється паперовою етикетувальною стрічкою. Печиво можна загортати в один шар паперу (пергамент, підпергамент або пергамін) та художньо оформлений бандероль. Завертку печива найчастіше здійснюють на машинах-напівавтоматах.

У коробки печиво фасується вагою нетто 400-500 г, рідше до 1500 р Для цієї мети використовують картонні, фанерні або бляшані коробки, які перед укладанням печива вистилають пакувальним матеріалом.

Печиво в пачках, коробках та пакетах укладають в ящики дощаті, фанерні або з гофрованого картону. Для внутрішньоміських перевезень використовують також ящики бумажнолітє.

Ящики повинні бути щільно упаковані, так як наявність вільних місць призводить до лому печива під час транспортування. Тому після упаковки вільні місця заповнюють паперовою стружкою, подушечкою з обгорткового, гофрованого паперу або деревною стружкою з листяних порід.

Печиво вагові укладають рядами на ребро безпосередньо в ящики. При цьому ящики всередині повинні бути викладені пакувальним матеріалом, а між кожним рядом печива прокладають смужку з картону або щільного паперу. Кожен горизонтальний шар вистилають пергаментом, підпергамент, пергаміном, парафінованого або обгорткового папером. Таке укладання печива в ящики запобігає утворенню брукхту печива під час транспортування.

Цукрове і зтяжне печиво дрібних розмірів, а також зтяжне печиво круглої і овальної форми і печиво, які формуються на машинах типу ФАК і ФПЛ, упаковують в ящики насипом.

Печиво, що відправляється в райони Крайньої Півночі, або * печиво спеціального призначення упаковують в жерстяні герметично запаяні коробки, а також в тесові ящики з попередньою упаковкою в парафіновані гофровані ящики або поліетиленові мішки.

Здобне печиво фасують в коробки, пачки, бляшані банки, пакети і ящики.

У коробки з картону, жерсті, фанери або з полімерних; матеріалів печиво фасують вагою нетто до 2 кг. Перед укладанням печива коробки вистилають пергаментом, парафінованого папером, підпергаментом, пергаміном або покривають целофаном. Укладання печива в коробки проводиться рядами на- ребро або плазом, лицьовою поверхнею в одну сторону або насипом. Коробки обклеюють художньо оформленою етикеткою, перев'язують кольоровий паперової або шовковою стрічкою. Якщо коробка склеєна наглухо етикеткою або загорнута в целофан, перев'язувати її стрічкою не обов'язково.

Здобне печиво великих розмірів можна фасувати в пачки вагою нетто до 300 р При цьому печиво укладають верхньою поверхнею в одну сторону. Укладання печива верхньою поверхнею в різні боки допускається при фасуванні печива на автоматах, при використанні стеккерів.

Фасування печива в пачки виробляють в два шари паперу: перший шар - пергамент, підпергамент або пергамін, другий - художньо оформлена етикетка з паперу.

При загортці дуже тендітних виробів або виробів з великим вмістом жиру використовують також внутрішню додаткову обгортку з картону або паперу і картонні вставки у вигляді денець.

Для внутрішньоміського споживання здобне печиво фасують в пакети вагою нетто до 300 г, які заклеюються маркою із зображенням товарного знака або обв'язуються стрічкою.

У бляшані банки печиво фасують насипом або укладають вагою нетто до 1500 р Банки попередньо вистилають папером, і після фасування в них печива обклеюють етикеткою. Якщо банки виготовлені з литографірованою жерсті, то обклеювати їх етикетками не слід.

У ящики фанерні або з гофрованого картону печиво укладають рядами або насипом вагою нетто не більше 4 кг. Для запобігання утворенню брукту печива під час транспортування в ящики вставляють вкладиш по периметру і хрестовину з фанери або картону, що ділить ящик на чотири частини. У фанерні ящики вкладиш не вставляти. Попередньо ящики вистилають папером. При укладанні печива рядами кожен ряд прокладають смужкою картону або паперу, а кожен горизонтальний шар аркушем паперу.

Коробки, пачки і пакети з печивом укладають в ящики дощаті або фанерні вагою нетто не більше 12 кг, а для внутрішньоміських перевезень - в ящики з гофрованого картону або бумажнолітє вагою нетто не більше 7 кг. Ящики дощаті або бумажнолітє слід попередньо вистилати папером.

На етикетках коробок, пачок і пакетах зазначаються підприємство, продукція, вага нетто, дата виготовлення і термін зберігання. На ящиках з печивом маркування виробляють етикетками або нанесенням чіткого відбитка за трафаретом або штампом не змиваються фарбою.

Зберігання. Печиво, галети і крекери зберігаються тривалий час. Терміни їх зберігання залежать значною мірою від умов зберігання і упаковки, які повинні забезпечити збереження якості виробів.

Під впливом вологи, повітря, світла і температури якість виробів змінюється. У свою чергу, вологість виробів змінюється в залежності від зміни відносної вологості навколишнього повітря.

У складських приміщеннях необхідно підтримувати певну відносну вологість повітря. Стандартні умови зберігання передбачають відносну вологість повітря в межах 70-75%. Підвищення вологості може призвести до надмірного зволоження печива і його заплесневенню. При більш низькій відносній вологості повітря відбувається усушка печива, що веде до зміни маси фасованих виробів.

Стандартними умовами зберігання печива передбачена також температура складського приміщення, яка повинна бути не вище 18 ° С. Це викликано, тим, що жири під впливом підвищеної температури легко окислюються.

Ящики з печивом укладають штабелями висотою не більше 2 м, бажано на дерев'яні стелажі, віддалені від статі на 0,25 м. Це забезпечує хорошу обтічність штабеля повітрям і можливість прибирання приміщення, що дуже важливо для запобігання виробів від різних шкідників. Між кожними двома рядами ящиків залишають проміжок не менше 0,5 м, між окремими штабелями, а також штабелем і стіною залишають прохід не менше 0,7 м.

Печиво має велику гігроскопічність і дуже легко сприймає різні сторонні запахи. Тому не слід зберігати вироби близько водопровідних труб, раковин і батарей і разом з іншими продуктами, що мають сильний запах.

Терміни зберігання печива залежать від виду печива, вмісту в ньому жиру, а також від району транспортування. Термін зберігання цукрового і зтяжного печива - 3 міс; при відправленні цього продукту в райони Крайньої Півночі і важкодоступні райони - 6 міс.

Зберігання здобного печива здійснюється в такі строки: 45 днів - печиво з вмістом жиру до 10%; 30 днів - печиво з вмістом жиру 10-20%; 15 днів - печиво з вмістом жиру понад 20%.

Для сумішей здобного печива термін зберігання встановлюється з вигляду печива з великим вмістом жиру.

Гарантійні терміни зберігання крекери також різні. Залежно від групи крекери і виду використовуваного жиру крекери зберігаються від 1 до 6 міс.

Термін зберігання галет залежить від їх виду і застосовуваної упаковки.

Прості герметично упаковані галети зберігаються 2 року.

Прості вагові галети з борошна I, II сортів і шпалерного пшеничного - 6 міс; поліпшені - 3-6 міс; дієтичні - від 3 тижні до 3 міс залежно від вмісту жиру в рецептурі.

Печиво, галети і крекери транспортують в чистих, сухих, не заражених шкідниками комор вагонах, суднах і автомашинах. Не допускається перевезення печива спільно з продуктами, що володіють специфічним запахом. При перевезенні, навантаженні і вивантаженні вироби повинні бути надійно захищені від впливу атмосферних опадів.

При точному дотриманні технологічного режиму виходять вироби стандартної якості. Вимоги до якості печива, галет і крекерів визначені ГОСТами на ці види виробів.

Печиво повинне мати правильну форму без вм'ятин, пошкоджень кутів і країв, рівну поверхню без здуття і вкраплень, з ясним відбитком штампа.

Поверхня галет і крекери повинна бути гладкою, з проколами, без плям і сторонніх вкраплень. На поверхні крекери і галет допускаються окремі бульбашки.

Вироби повинні мати рівномірне забарвлення і неподгорелую поверхню. При цьому допускається більш темне забарвлення виступаючих частин рельєфного малюнка, візерунка і куточків, а також нижній частині.

Смак і запах виробів повинні бути властиві кожному виду, без сторонніх присмаків.

Фізико-хімічні показники повинні відповідати вимогам чинного ГОСТу на кожен вид виробу.

1.2 Аналіз способів та огляд існуючого обладнання для охолодження хлібопекарських та кондитерських виробів.

На завершальному етапі виробництва виконують охолодження виробів для забезпечення нормальних умов процесів різання і пакування. Харчові підприємства використовують три основні способи охолодження: природній, кондиціонованим повітрям і вакуумний.

Природне охолодження

Найбільш дешевий спосіб охолодження – *природне охолодження*, але воно має недоліки: 1) значна тривалість процесу, яка становить 2 - 5 год залежно від маси хліба, його рецептури, способу охолодження, параметрів стану повітря в приміщенні для охолодження (температури, вологості) та інших умов, під час якої відбувається черствіння хліба; 2) спосіб вимагає значних виробничих площ; 3) внаслідок тривалого контакту продукту, що охолоджується, з навколишнім повітрям, що не вентилюється та неочищується спосіб характеризується для способу характерна висока бактеріальна забрудненість; 4) необхідність постійного підтримання належного температурно-вологісного режиму в приміщеннях; 5) значне енергоспоживання охолоджуючих конвеєрів і кулерів [1-3].

Таким способом хліб охолоджують у візках, контейнерах, вагонетках (рис. 1.4) в відділенні для остигання (експедиції).



Рис. 1.4. Вагонетка

Охолодження кондиціонованим повітрям

Охолодження виробів *кондиціонованим повітрям* дає можливість значно інтенсифікувати процес. Рух повітря відбувається за рециркуляційною схемою. Повітря з високою температурою відбирається в верхній зоні охолодження, поступає в кондиціонер, де зволожується і охолоджується та через зону найбільш охолоджених заготовок повертається в охолоджувач. Інший спосіб, що покращує інтенсивність і зменшує усихання – двома потоками в зону з гарячим заготовками і в зону зниженої температури. При цьому способі використовується повітря з такими параметрами: температура –15-18°C і відносна вологість – 90-95%.

Охолодження природним способом (пасивне) відбувається на конвеєрних транспортерах, розміщених над виробничими ділянками. Конвеєрні охолоджувачі набули найбільшого поширення. Вони мають припливно-витяжну вентиляцію і оснащені системами кондиціонування. Приклад такого охолоджувального конвеєру показано на рис.1.5.



Рис 1.5. Охолоджувальний конвеєр КОВТ.

Перед упаковкою, потрібний процес охолодження кондитерських виробів.

Підприємці віддадуть перевагу спеціальному обладнанню - охолоджуючих тунелів, оскільки вони мають такі переваги: інтенсифікація виробничого процесу, збільшення швидкості виконання замовлень і прогнозованість бізнес-показників, що дозволить прорахувати час охолодження печива, а отже - і відвантаження товару.

Охолоджувач виготовлений у вигляді конвеєрної лінії, яка приєднується до печі. Для правильної роботи обладнання температура повинна бути в межах 10 - 35 ° С, а вологість менше 85%.

Розміри обладнання 4050x1000x1700 мм, Вага - близько 400 кг. За своїм устроєм охолоджуючий тунель можна охарактеризувати як транспортер з конвеєрною стрічкою і вентилятором. Інтенсивний обдув кондитерських виробів повітрям забезпечує швидке їх охолодження, в порівнянні з природним охолодженням. У конструкції передбачено також механізм, що повертає печиво «на ребро», для щільнішого розміщення продукції і прискорення часу охолодження.

Значні габарити та чутливість напівфабрикатів до перепаду параметрів навколишнього середовища є недоліком такого типу охолоджувачів.

Колисковий кулер (рис. 1.6.) є рамною конструкцією типу шафи з колисковим конвеєром. Гарячі вироби завантажуються на колиски гребінчасто-гратчастого типу.

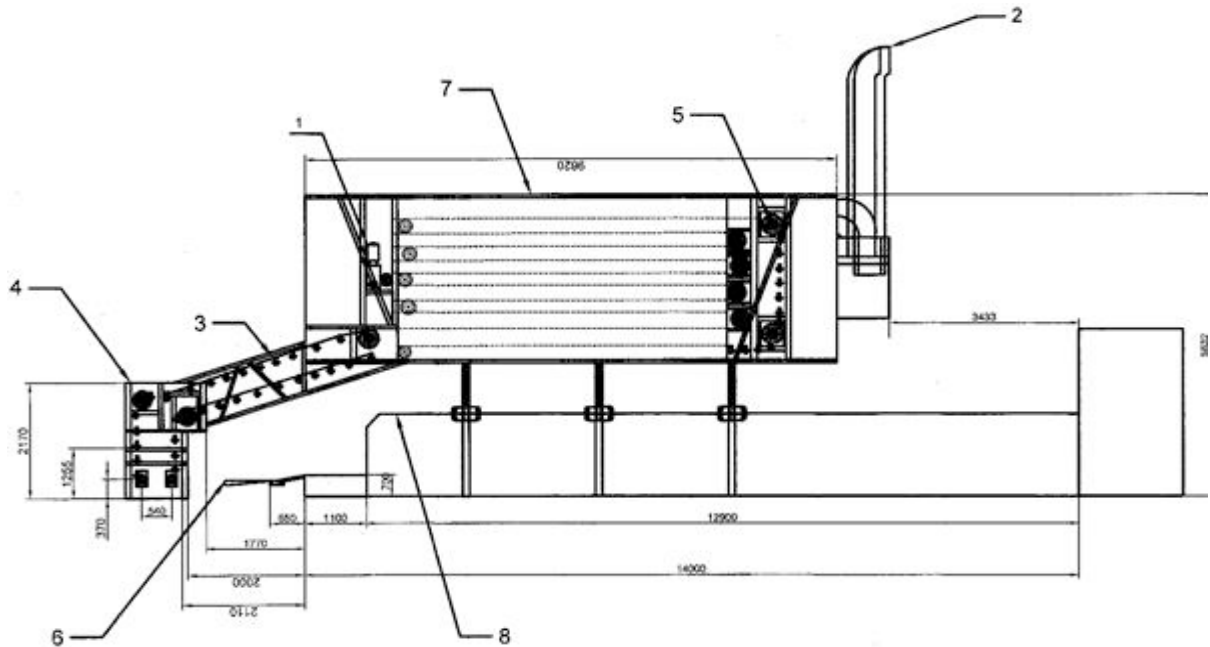


Рис. 1.6 Колисковий кулер для охолодження: 1 – вентилятор; 2 – витяжна система; 3 – колиска; 4 – завантажувально-розвантажувальний транспортер; 5 – привідний вал; 6 – перевантажувальний транспортер; 7 – камера охолодження; 8 – тунельна піч; 9 – натяжний вал.

Залежно від місця завантаження і розвантаження **спіральні кулери** (рис. 1.7) мають різну конфігурацію. Продукт переміщується по спіральній кривій і вивантажується на конвеєр або склиз.



Рис. 1.7. Зовнішній вигляд спірального кулера для охолодження виробів

Використання кулерів дозволяє забезпечити рівномірність охолодження виробів; знизити ризик порушення санітарно-гігієнічних вимог; використання виробничих площ раціонального; автоматизувати кінцеві стадії виробничого процесу; покращити культуру виробництва.

Кулери дозволяють істотно економити виробничі площі, оскільки є можливість накопичення значної довжини стрічки в мінімальному об'ємі за рахунок спіральної геометрії її розташування в просторі, досягається, що дозволяє. Крім того, на стрічці спірального конвеєра продукт транспортується без зміни свого положення щодо стрічки, а отже максимально делікатно.

Підтримання заданої температури в приміщенні відбувається системою витяжної вентиляції. В разі потреби, спіральний конвеєр може бути розташований всередині теплоізольованої камери, з автоматичною підтримкою необхідних параметрів повітря (температура і вологість). Можливі тонка фільтрація та знезараження повітря, що надходить в камеру.

Вакуумне охолодження

Вакуумне охолодження - ..

Сучасним та перспективним способом охолодження харчових продуктів є *вакуумне охолодження*. При вакуумному охолодженні охолодження продукту ґрунтується на зниженні температури кипіння (адіабатному кипінні) вологи за відповідного розрідження, що призводить до зниження температури продукту при зниженні тиску. При цьому способі тривалість охолодження значно скорочується, але усихання у 1,5-2 рази збільшується, а основними вимогами до продукту є його вологість, висока вакуумпроникність та паропроникність.

Даний спосіб охолодження досліджується для охолодження плодоовочевої сировини. У Сполучених Штатах у 1950 році почали використовувати цей спосіб, що вирішило проблему з швидким її псуванням [2]. У 1984 році Томсон (Великобританія) довів, що використання вакууму для грибів та свіжого салату сприяє продовженню терміну їх зберігання та зменшенню обсіменінням мікроорганізмами [3]. У 1983 Шеном (Італія) вакуумне охолодження було використане для охолодження печених та варених продуктів. Пізніше його почали використовувати для ковбасних виробів з метою інтенсифікації їх технологічного процесу приготування [4]. У 1993 році Еверінгтон (Ізраїль) встановив, що охолодження італійського пирога за цим способом можна провести за 4 хв, замість традиційного охолодження повітрям 24 годин [5]. У 2001 році Мак-Доналд (Англія) довів, що вирішальну роль при охолодженні відіграє швидкість процесу та встановив зв'язок якості продукту із швидкістю процесу охолодження. Дана величина залежить від форми і розмірів напівфабрикату, теплофізичних характеристик продукту, умов тепловідводу [6]. На нинішній час проводяться дослідження з використанням вакууму у технології охолодження хліба та хлібобулочних виробів. Компанія Revent International

АВ (Данія) поширює цю технологію та впроваджує вакуумні охолоджувачі у кондитерських, міні-пекарнях, кафе та ресторанах [7].

Переваги застосування вакуумного охолодження хлібобулочних виробів:

1. на 10-30% скорочується час випічки виробів,
2. зменшення енерговитрат на випічку на 10-30%.
3. збільшення продуктивність підприємства в цілому.
4. до 95% знижується час на охолодження хлібобулочних виробів
5. заміна заморожених напівфабрикатів на напівфабрикати, виготовлені із застосуванням вакуумного охолодження, що дозволить значно знизити видатки споживання енергії на охолодження, складування і логістику.
6. поліпшення якості готових виробів – підвищується об'єм продукту, рівномірна пористість виробів, на скоринці хлібобулочних виробів виключається поява мікротріщин
7. збільшення терміну свіжості виробів без використання додаткових хімічних добавок.

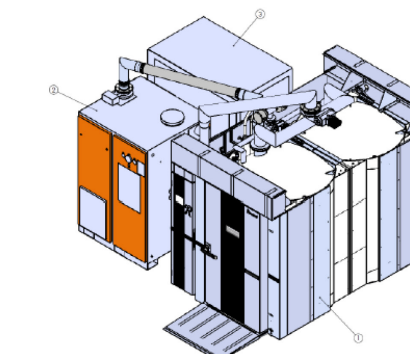
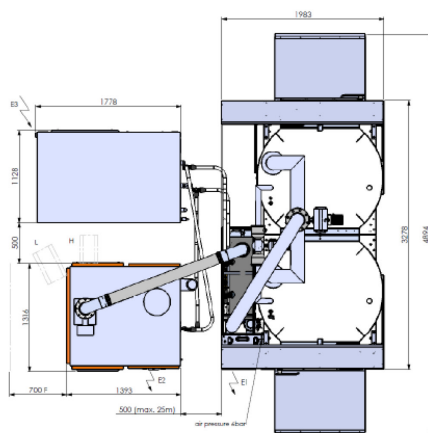
Більш тривалий термін зберігання виробів пояснюється тим, що вакуумне охолодження відбувається швидко і як наслідок розвиток мікроорганізмів зводиться до мінімуму і вироби тривалий час залишаються свіжими. При звичайному охолодженні хлібобулочних виробів заготовки досить тривалий час (від 1 год до 6 год) знаходиться в температурній зоні максимального розвитку цвілевих грибів та інших мікроорганізмів (25 до 70 ° С)

Обладнання для вакуумного охолодження

Огляд устаткування та схем створення вакууму для проведення вакуумного охолодження хлібобулочних виробів показує, що такі виробники

як Revent, SGet, Weber, BVT, AllCold виготовляють апарати періодичної дії для охолодження виробів. Вони працюють з роторними та ярусними печами. Промисловці пропонують різні схеми створення вакууму: а) схеми, які передбачають відкачування газів вакуум насосом; б) схеми, що забезпечують використання вторинної теплоти.

Шведська компанія «Revent» пропонує свою розробку - апарат вакуумного охолодження кондитерських виробів.



- A - Inlet connection, vertical DN125, PN16, UNI 2278, DIN 2577 counter-flange supplied, suction pipe Ø139.7mm.
- B - Exhaust connection: 4"
- C - Outlet of warm air from cabin and oil cooler.
- D - Inlet cold air filtered by metal grip panel.
- E1 - Power supply for electrical panel (1.5mm², CNPE)
- E2 - Power supply for vacuum pump (25mm²)
- E3 - Power supply for Refrigerating machine (16mm²)
- F - Minimum distance from wall.
- G - Minimum height for maintenance.
- H - Oil separator element.
- L - Air filter element.



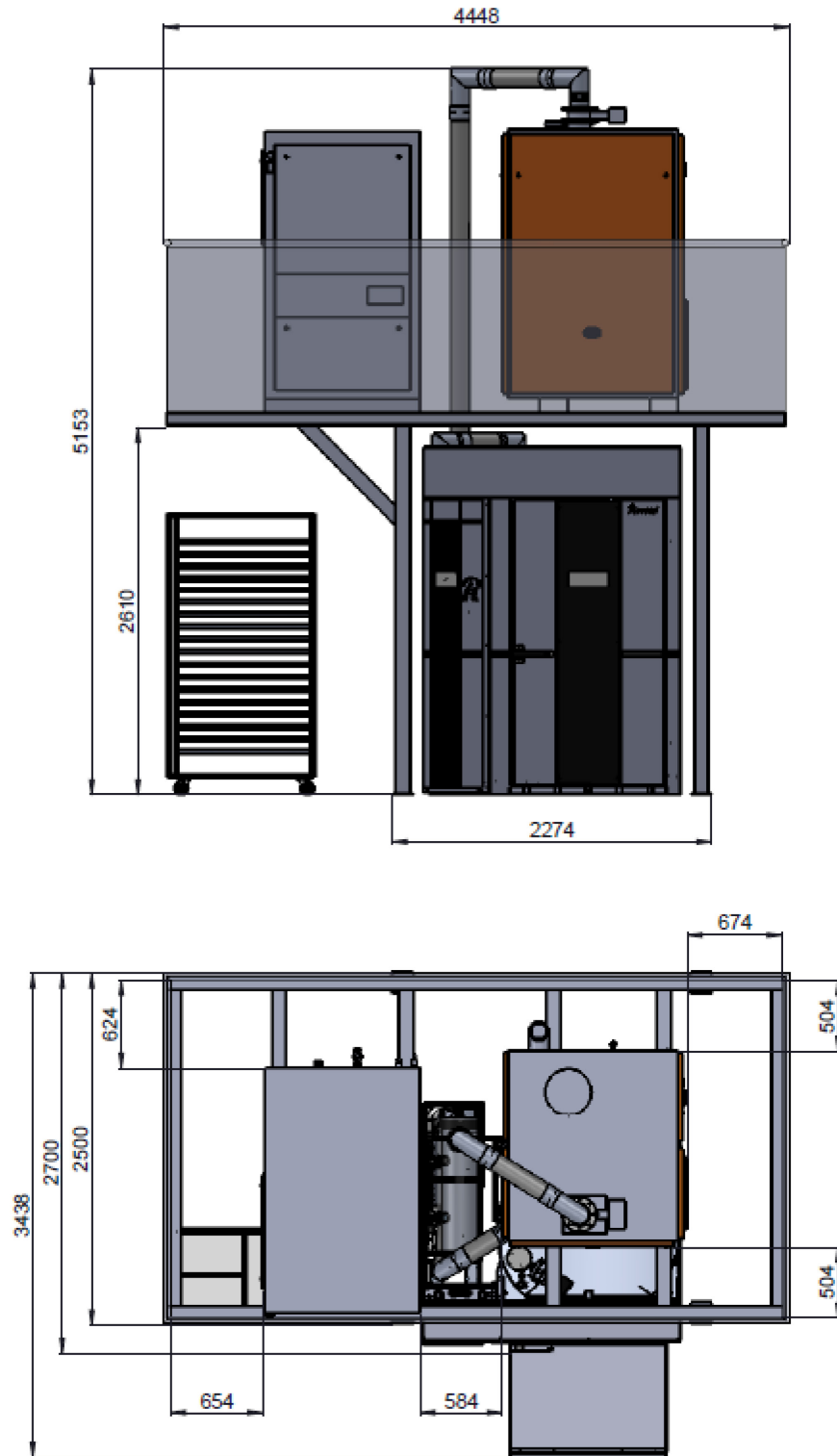


Рис. 1.8. Камера вакуумного охлаждения «Revent»

1.3 Аналіз процесів тепломасообміну при вакуумно-випарному охолодженні

Процеси вакуумно-випарного охолодження описуються відповідно до фізичних уявлень про процеси, які відбуваються в шарі рідини, що знаходиться в стані спокою, в герметичному контейнері при атмосферному тиску та первісному стані.

Принцип дії вакуумної холодильної машини полягає в тому, що в процесі кипіння в випарнику рідини, що охолоджується при тиску нижче атмосферного з порціями парів, що утворилися, та які пізніше конденсуються в конденсаторі, відбувається інтенсивне відведення тепла.

Рідина, яку необхідно охолодити заливається в бак-випарник, в якому за допомогою допоміжного насоса створюється вакуум. Як тільки тиск в випарній системі досягне необхідного рівня, відбувається процес вакуумного (адіабатного) кипіння рідини, що охолоджується. При чому частина рідини переходить в парову фазу, і як наслідок відбувається зниження температури. Пари води, що утворилися, відкачуються через конденсатор, в якому відбувається конденсація пари, а теплота фазового переходу відводиться за рахунок охолоджувальної води.

Аналітичний опис вакуумного-охолодження води має такі припущення:

- теплота фазового переїоду рідини в пару r постійна і не залежить від тиску;
- температура по глибині шару рідини однорідна;
- температура стінок посудини - випарника дорівнює температурі рідини;
- маса речовини, що охолоджується – постійна.

Вихідні умови опису вакуумного охолодження. У герметичній ємності знаходиться рідина з відомими теплофізичними властивостями: молекулярною масою μ , густиною ρ , , прихована теплота фазового переходу r . Вихідна маса рідини m_0 займає частину ємності, паровий простір

якої з ефективною швидкістю відкачки $S_{\text{в}} \rho$ піддається динамічному вакуумуванню.

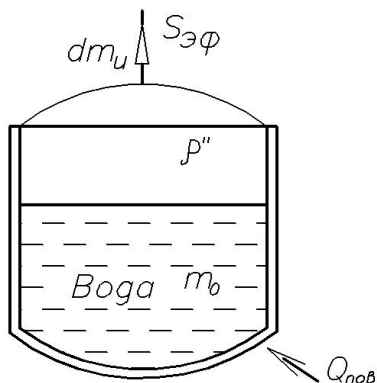


Рис. 1.9 - Схема вакуумного впливу на охолодження рідини

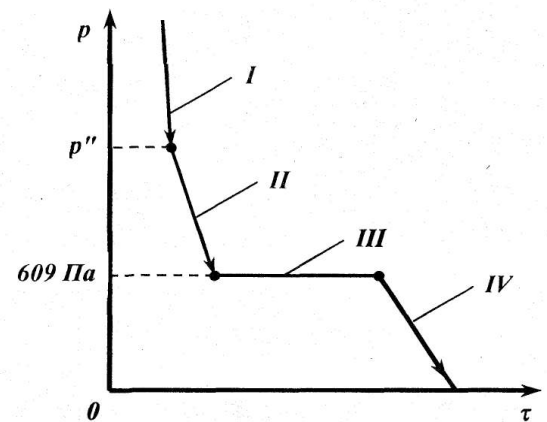


Рис. 1.10 - Етапи вакуумного охолодження

На першому етапі створення вакууму тиск в паровому просторі резервуару знижується до тиску насичених парів залитої в нього рідини при початковій її температурі. Відбувається дегазація рідини, з кипінням поверхневих шарів. На другому етапі створення вакууму відбувається зниження пружності насичених парів і з порціями парів рідини відбувається інтенсивне відведення тепла, що супроводжується зниженням температури рідини в герметичному резервуарі. На третьому етапі відбувається замерзання рідини та підтримується постійна пружність парів над льодом. Для четвертого етапу характерне подальше зниження тиску пружності насичених парів над льодом, яке супроводжується зниженням температури крижаного масиву. Наступне зменшення пружності насичених парів супроводжується зниженням температури масиву льоду. Для ефективного охолодження рідини використовують перші два етапи процесу створення вакууму.

Кількість теплоти, яка відбирається від рідини (води) з випарника, Q_w ,

$$dQ_w = C_w m_0 dT$$

Охолодження рідини з відведенням тепла через корпус випарника:

$$dQ_M = C_M m_M dT$$

де C_M - масова теплоємність рідини при середній температурі; dT - температурний інтервал процесу; m_M - маса випарного апарату.

В тепловий баланс необхідно ввести складову теплопідведення від навколишнього середовища, яке має більш високу температуру, ніж об'єкт, який охолоджується, що призводить до теплопідведення до охолоджуваного об'єкту та зменшує продуктивність установки в цілому. Складову теплопідведення залежить від різниці температур між середовищем і ємністю, площі її поверхні, тривалості процесу..

При відсутності теплоізоляції на корпусі випарного апарату основне теплопідведення, що впливає на інтенсивність охолодження:

$$dQ_{i\dot{a}} = K \cdot F \cdot (T_{i\dot{N}} - \dot{O}) d\tau$$

де:

$Q_{i\dot{a}}$ - теплопідведення через стінку випарного апарату; F - площа поверхні випарного апарату; $T_{i\dot{N}}$ - температура навколишнього середовища; $d\tau$ - тривалість процесу теплопередачі; K - коефіцієнт теплопередачі.

З урахуванням теплопідведення через стінку випарного апарату і теплоаккумуляції маси корпусу випарного апарату кількість тепла, яка відводиться знаходиться:

$$dQ_0 = (C_w \cdot m_0 + C_i \cdot m_i) dT + K \cdot F \cdot (T_{i\dot{N}} - \dot{O}) d\tau$$

Ця кількість теплоти відводиться внаслідок ефекту вакуумного випаровування рідини. Це можна представити у вигляді добутку щільності насичених парів рідини, які відкачуються насосом ρ'' на швидкість відкачки насоса $S_{\dot{Y}\dot{O}}$ та на теплоту випаровування рідини r . Елементарну масу рідини, яка випаровується виражають через $S_{\dot{Y}\dot{O}}$ і густину насичених парів ρ'' :

$$dm_u = \rho'' \cdot S_{\dot{Y}\dot{O}} \cdot d\tau$$

Тоді, рівняння теплового балансу процесу вакуумного охолодження при прийнятих вище позначеннях:

$$(C_w \cdot m_0 + C_i \cdot m_i) dT + K \cdot F \cdot (T_{iN} - \dot{O}) d\tau = r \cdot dm_u,$$

де dm_u - елементарна кількість рідини, яка випаровується.

Відповідно густину насичених парів ρ'' визначимо з рівняння Клапейрона-Менделєєва через температуру T та тиск парів P , молекулярну масу речовини μ :

$$\rho'' = \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T},$$

Для води тиск пружності насичених парів P :

$$P = 609 \cdot \exp \frac{19,7 \cdot (T - 273)}{T},$$

Отримаємо рівняння теплового балансу в диференціальній формі:

$$(C_w \cdot m_0 + C_i \cdot m_i) \cdot dT + K \cdot F \cdot (T_{iN} - \dot{O}) d\tau = r \frac{P \cdot \mu}{R \cdot T} \cdot S_{\dot{O}} \cdot d\tau,$$

та, отримаємо:

$$\tau = -(C_w \cdot m_0 + C_i \cdot m_i) \cdot R \cdot \int_{T_i}^T \frac{T \cdot dT}{r \cdot S_{\dot{O}} \cdot 609 \cdot \exp \frac{19,7 \cdot (T - 273)}{T} + K \cdot F \cdot (T_{iN} - \dot{O})},$$

За прийнятих припущеннях це досить точне співвідношення для визначення тривалості охолодження початкової маси m_0 води, що враховує швидкість відкачування і ззовнішнє теплопідведення.

З достатньою для інженерних розрахунків, розрахункової практики, точністю пружність парів води можна виразити за емпіричною формулою:

$$P = 609 e^{0,07(T-273)} \text{ (Па)},$$

Дане рівняння дає результати з точністю до 3-5% в діапазоні температур + 30- + 3°C

Підставив вираз для P в диференціальне співвідношення і інтегруючи його отримаємо остаточне рівняння:

$$\tau = -\frac{(C_w \cdot m_0 + C_i \cdot m_i) R \cdot e^{273b}}{r \cdot \mu S a b} \left[-e^{-bT_E} (T_E + 14,28) + e^{-bT_i} (T_i + 14,28) \right],$$

де b , A - емпіричні коефіцієнти для води, відповідно $b = 0,07$; $A = 606,5$

1.4 Фізико-хімічні процеси, що відбуваються при вакуумно-випарному охолодженні хлібобулочних виробів.

При створенні вакууму в камері внаслідок відкачування насосом повітря і водяної пари, всередині продукту, що охолоджується, виникають умови для ізентропного об'ємного випаровування і кипіння рідини. За умови відсутності зовнішнього теплопідведення адіабатне кипіння і випаровування рідини супроводжуються охолодженням об'єму продукту до температури насичених парів води при відповідному тиску. При такому способі відсутні такі процеси, як дифузія і теплопровідність, що мають низьку швидкість проходження. Тому процес вакуумно-випарне охолодження має високу швидкість і охолоджує зразок в всьому об'ємі одночасно. Процес вакуумно-випарного охолодження відбувається у зворотному напрямку в порівнянні з традиційним способом охолодження, тобто, зсередини заготовки назовні [4].

Використання даного способу при охолодженні хлібобулочних виробів показують позитивні результати, хоча виникають і проблеми, які вимагають пошуків рішення їх. Так, розглянемо результати досліджень даного процесу охолодження хліба, проведених у виробничих умовах Державного підприємства «Хлібозавод № 1 м Мінськ» на масових сортах житньо-пшеничних хлібів.

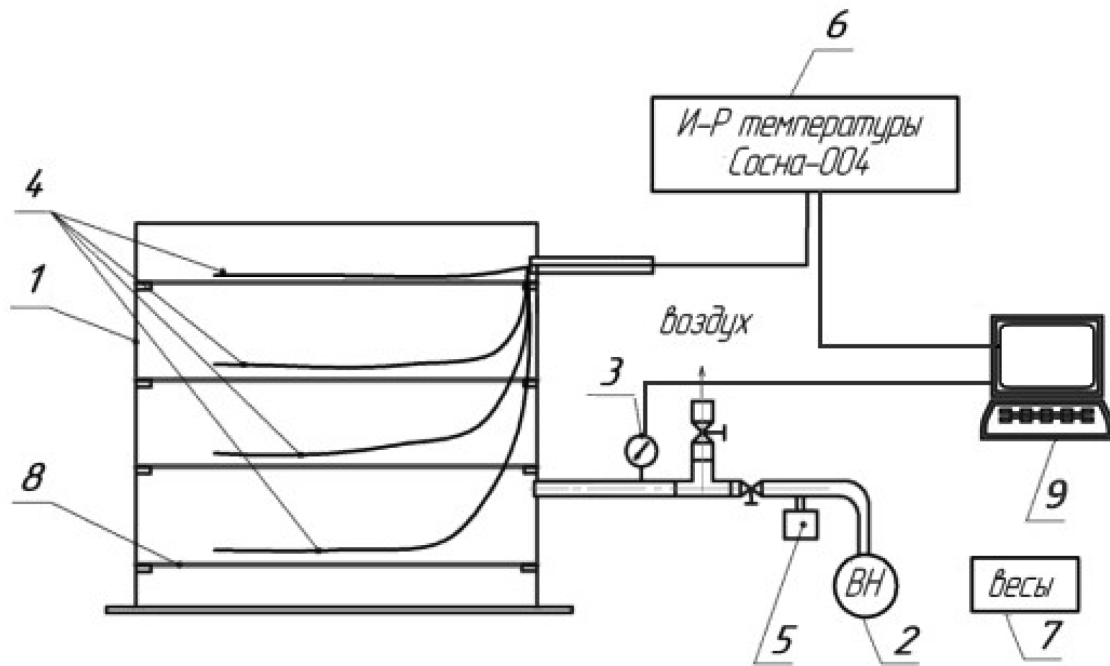


Рис. 1.11. Схема лабораторної вакуумної установки

1 - вакуумна камера; 2 - вакуумний насос 2НВР-5ДМ;

3 - датчик тиску / вакууму ZSE80; 4 - термоперетворювачі опору ТСП-1199; 5 - конденсатовідвідник; 6 - вимірювач-регулятор температури IP Сосна 004 ТС-6 pt100 / RS; 7 - ваги електронні Scout Pro SPU4001;

8 - сітчастий піддон; 9 - персональний комп'ютер

Процес охолодження хліба вакуумно-випарним способом досліджували на вакуумній лабораторній установці, схема якої наведена на рис. 1.11. Установка має вакуумну камеру, яка вбудована в нижню частину морозильника М-7003. До якої підключені: система створення вакууму, контрольно-вимірвальні прилади. У вакуумну камеру завантажували продукт, що встановлювався на сітчасті піддони. Камера герметично закривається кришкою з органічного скла.

При дослідженні процесу охолодження хліба контролювали такі параметри: початкову та кінцеву масу хліба (г); температуру центру хліба ($^{\circ}$ С); кінцевий тиск у вакуумній камері (Па); тривалість процесу охолодження (с); деформації хліба в процесі охолодження (мм).

Мінімальне значення температури охолодженого хліба, визначається кількістю вільної вологи в зразку, залишковому тиску середовища у вакуумній камері та відповідній температурі кипіння води. При абсолютному тиску в 10 кПа температура кипіння води відповідає 45,8 °С, при абсолютному тиску 5 кПа вода кипить при температурі 32,8 °С.

Порівняльний аналіз інтенсивності вакуумного охолодження (рис. 1.12) показує, що формові хліба охолоджуються швидше і до більш низьких температур в порівнянні з подовими, що обумовлено більш їх високою початковою вологістю. Для подового хліба характерні більш щільна структура верхньої і нижньої скоринки, яка перешкоджає дифузії водяної пари, оскільки є областю низькою паропроникності. При вакуумуванні, коли швидкість зниження тиску в камері перевищує швидкість зниження тиску в хлібі, всередині хліба відбувається зростання тиску, що призводить до виникнення напруги в структурі хліба. Надмірне напруження призводить до деформації та руйнуванню хліба– утворення надривів або відшарування твердої верхньої кірки.

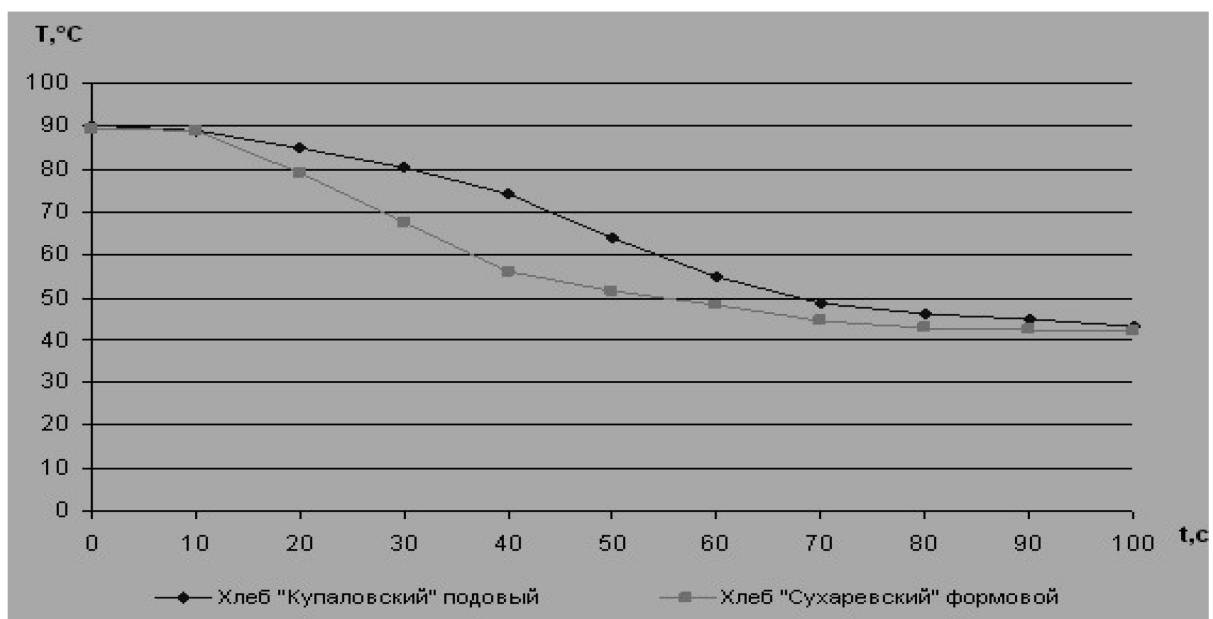


Рис. 1.12 .Залежність температури хліба від залишкового тиску у вакуумній камері



Рис.1.13. Руйнування подового хліба

При охолодженні формового хліба наявність верхньої кірки з низькою паропроникністю не робить значного впливу на швидкість охолодження, оскільки кірка не утворюється на бічних і нижній поверхні формових хлібів. Оскільки при випічці стінки хлібопекарної форми перешкоджають випаровуванню вологи, то в формових хлібах цей процес відбувається тільки через верхню кірку. Крім того, вологість тіста і м'якушки формових хлібів після випічки вище ніж у подових хлібів, і відповідно більше вільної вологи, що дозволяє охолоджувати формові хліба до нижчих температур. Висока паропроникність бічних і нижньої поверхні та рівномірно розвинена пористість формових хлібів дозволяє парам води безперешкодно переміщатися в хлібі і випаровуватися з поверхні.

Випробування показали, що на збереження форми хліба при вакуум-випарному охолодженні форма хліба впливає, лише у випадку круглого подового заварного хліба. Це пов'язано з тим, що при вакуумуванні

відбувається деформація хліба, тому сила поверхневого натягу прагне надати хлібу форму кулі, а низька еластичність м'якушки призводить до відриву кірки (рис. 1.14).



Рис. 1.14 Руйнування подового житньо-пшеничного заварного хліба

Низька еластичність м'якушки визначається реологічними властивостями житнього тіста, які характеризуються відсутністю губчастого каркаса клейковини, що забезпечує пружність та еластичність пшеничному тісту. Це не дає можливість заварному житньо-пшеничному хлібу, при виникненні деформації м'якушки, відновити початкову форму і призводить до розриву. Критичним для житнього і житньо-пшеничного хліба може бути і процес скидання вакууму, який також приводить до розриву хліба або осіданню через напругу від підвищення тиску у вакуумній камері, якщо пористість і максимально допустимі напруження занадто низькі.

Однак форма в даному випадку не є єдиним чинником, що впливає. Житньо-пшеничний бездріжджовий хліб має дуже тверду кірку, яка є областю низькою паропроникності. Ця область уповільнює дифузію водяної пари і впливає на швидкість зниження тиску всередині хліба. Якщо

швидкість зниження тиску у вакуумній камері перевищує швидкість зниження тиску в хлібі, то це викликає зростання тиску всередині хліба. Внаслідок чого підвищується напруження в структурі хліба, яка призводить до його деформації, відшарування кірки і її розриву. У разі охолодження формових житньо-пшеничних хлібів немає потреби визначення оптимальних режимів охолодження, оскільки інтенсивність зниження тиску не впливає на збереження форми та органолептичні характеристики виробів. Визначення раціональних режимів необхідно для подових круглих житньо -пшеничних заварних хлібів з використанням змінного вакуумного охолодження, тобто поетапного зміни тиску в охолоджувачі.

За значного зниження тиску у вакуумній камері (зі швидкістю більше 1,5 кПа / с) всередині хліба збільшується тиск, який не встигає вирівнюватися з тиском в вакуумній камері, внаслідок чого відбувається деформація хліба. Експериментально встановлено, що до руйнування хліба призводить деформація зміна його висоти.

Графіки зміни тиску у вакуумній камері, відповідну зміну температури хліба в часі і коливання висоти хліба в допустимих межах залежно від залишкового тиску представлені на рис. 1.15 в єдиних координатах. Визначено раціональні технологічні режими охолодження хліба вакуумно-випарним способом, що дозволяють виконувати процес без відшарування від м'якушки кірки хліба: тривалість охолодження не менше 560 с; середня швидкість зниження тиску повинна становити не більше 0,3 кПа / с.

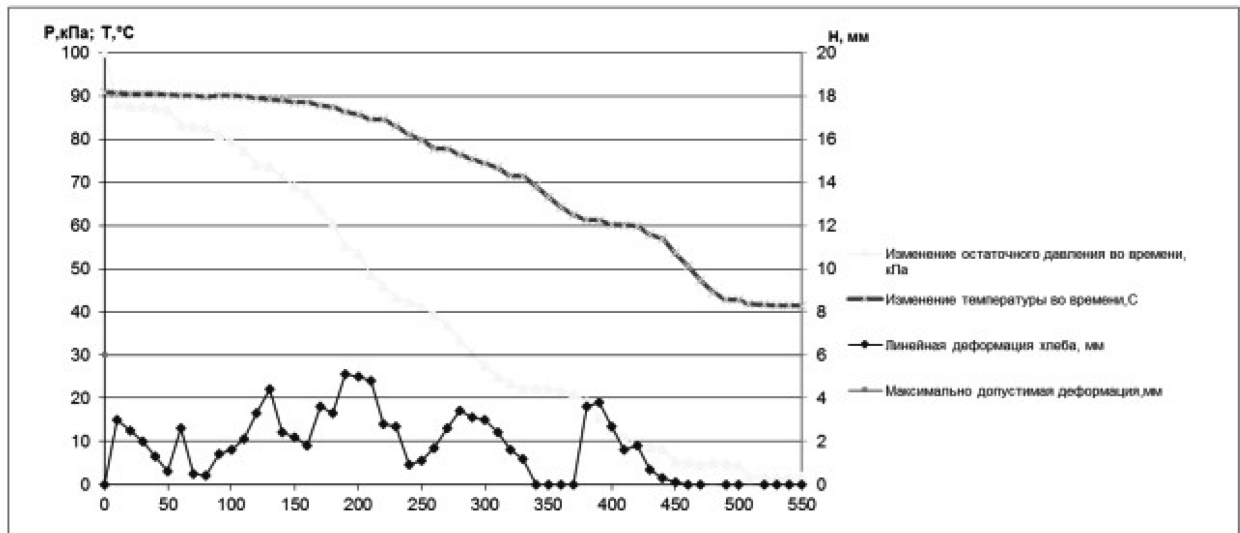


Рис. 1.15. Охолодження круглого подового житньо-пшеничного заварного хліба

Отже, розроблені технологічні режими охолодження хліба вакуумно-випарним способом дозволяють охолодити хліб протягом 10-15 хв, а не 2 - 5 ч під час природного охолодження, тим самим знизити ризик мікробного забруднення хлібобулочних виробів та заощадивши площі виробничих приміщень.

Висновки та задачі досліджень

Виробники продуктів харчування для підтримання конкурентноспроможності приділяють велику увагу оптимізації технологічних процесів, їх інтенсифікації, зменшенню витрат енергії, та підвищенню якості продукції. Для виробництв хлібопекарної галузі промисловості одним з процесів, що потребує інтенсифікації є охолодження виробів.

Вивчення процесів охолодження харчових продуктів є актуальним питанням, адже даний процес безпосередньо впливає на якісні та техніко-економічні показники виробництва.

Хлібопекарська галузь найбільш поширений конвективний спосіб відведення теплоти. Такий спосіб охолодження харчових продуктів, а саме

охолодження конвективним потоком холодного повітря не завжди раціональний, оскільки даний процес обмежений по температурі охолоджуючого середовища. Температура повітря повинна бути плюсовою щоб запобігти заморожування продукту. Конвективне охолодження має низький градієнт температур, і тому процес має значну тривалість та призводить до усихання продукту з нерівномірним розподілом вологи за його об'ємом [1].

Відповідно до традиційної технології галети після процесу випікання, з метою забезпечення необхідних структурно-механічних властивостей, охолоджують до температури 50-70 ° С на перфорованих або сітчастих сталевих стрічках на нерухомих або обертових стелажах, після чого вироби можливо зняти з поду печі або трафаретів без порушення їх форми та подається на охолоджуючий транспортер для остаточного охолодження за рахунок тепловіддачі в навколишнє середовище.

Зміцнення структури галет під час охолодження та вистоювання відбувається за рахунок набуття твердості стінок пор. В процесі охолодження в галетах відбуваються перерозподіл вологи, що супроводжується укріпленням структури, відбувається зниження вологості.

Актуальним є розроблення прискореного способу охолодження, а саме вакуумного охолодження, при якому галети охолоджується внаслідок адіабатного кипіння вологи. Основними вимогами до галет є його вологість за рахунок випаровування якої відбувається охолодження, висока вакуумпроникність та паропроникність.

Метою роботи є дослідження впливу режимних параметрів процесу на такі якісні показники виробів: вологість, кінцева температура та розроблення обладнання для інтенсифікації процесу охолодження галет за допомогою вакуумного охолодження.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні завдання досліджень:

- Дослідити вплив глибини вакууму на кінцеву вологість та температуру галет;
- визначити тривалість охолодження галет вакуумним способом;
- обґрунтувати економічну доцільність охолодження галет вакуумним способом;
- розробити вакуум-камеру для охолодження галет в умовах потокового виробництва;

Робота спрямована на удосконалення процесу виробництва галет, що передбачає заміну обладнання для їх охолодження, визначення раціональних значень цих процесів з мінімальними затратами енергії на їх виробництво.

Розділ 2 Методи та об'єкти досліджень

2.1 Об'єкт досліджень

Об'єктом досліджень обрано галетні вироби (печиво) виготовлені за рецептурою, згідно якої проводять замішування тіста протягом 20...25 хв при температурі 28-30 °С Вологість цукрового тіста при безперервному замішуванні в межах 18-20%. Сіль і цукор даються в розчиненому вигляді. Щільність сольового розчину – $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$. Цукровий розчин – $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$, $t = 50 \text{ °С}$. Тісто, вологістю 20%, для галет готувалося безопарним способом з пшеничного борошна вищого гатунку на пресованих дріжджах, тривалість бродіння 60 хвилин при температурі середовища 32-33 °С. Заготовки формували екструзією. Випікання відбувалось при температурі 200°С, протягом 10хв.

Рецептура готування галет :

Найменування сировини	Рецептура на 100 кг борошна
Борошно пшеничне хлібопекарські вищого гатунку, кг	100,0
Дріжджі хлібопекарські пресовані, кг	4,0
Сіль поварена харчова, кг	1,4
Олія	4,0
Цукор-пісок, кг	15,0
Разом:	115,3
Вода, л	35

Випечені вироби охолоджувались вакуум-випарним способом. Вимірювання значень вологості, пористості, температур, сировини, напівфабрикатів і готової продукції відбувались стандартними методиками визначення.

2.2 Експериментальна установка для вакуум-випарного охолодження галет.

Процес вакуум-випарного охолодження галет досліджувався на створеній лабораторній установці, яка складається з печі, що має радіаційно-конвекційний спосіб нагрівання, в яку завантажувались галетні тістові заготовки 2 з встановленими в них мідь-константановими термопарами. Величину упікання визначали тензометричними вагами 3. Значення температур в шарах заготовок та ваги за допомогою аналогового модулю ICP CON I-7018 6 та модулю перетворення даних ICP CON I-7520 7 в процесі випікання реєструвались на ЕОМ 5. Випечені галети разом з термопарами завантажувались в вакуум-випарний апарат для охолодження 8, де створювався необхідний вакуум вакуум системою, яка складається з вакуумного насоса 9, ресивера 10, конденсатора пари 11 та відповідної запірної і регулювальної арматури. Досліди проводились при тиску середовища вакуум камери 3, 5, 10 кПа. Глибина розрідження задавалась та підтримувалась електроконтактним вакуумним манометром 12. Зміна маси галет після охолодження визначалась на тензометричних вагах 3.

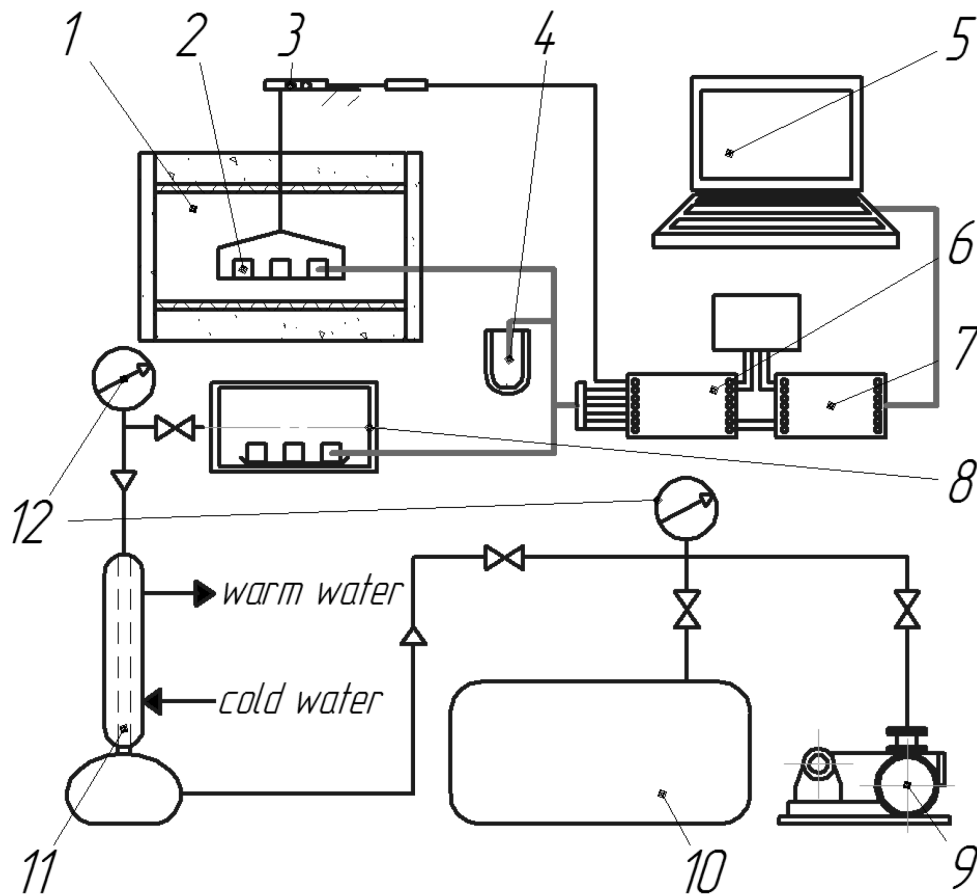


Рис. 2.1. Лабораторна установка для вакуум-випарного охолодження бісквітних виробів.

1 – піч; 2 – бісквітні заготовки; 3 – тензOMETричні ваги; 4 – посудина Дьюара, 5 – ЕОМ; 6 – аналоговий модуль ICP CON I-7018; модуль перетворення даних ICP CON I-7520; 8 – вакуум-випарний охолоджувач; 9 – вакуум-насос; 10 – ресивер; 11 – конденсатор; 12 – електроконтактний вакуум-манометр.

Вологість тіста та готових виробів визначали за загальноприйнятими методиками – а саме, прискореним методом висушування в СЕШ-3М.

Технічні характеристики аналогового модуля ICP CON I-7018:

I-7018/7018P – АЦП для термопар

Аналоговий вхід: 8 диференціальних каналів(мВ, В, мА, термопара)

- 10 Гц,16 біт;
- Вхідні діапазони:±15 мВ,-,± 2,5 В, ± 20 мА;

- Тип термопари: J,K,T,E,R,S,B,N,C,L,M,L2;
- Точність: 0,1%
- Вхідний імпеданс:20 Ом;
- Захист від перенавантаження: 35В.

2.3. Методика проведення експериментів

Відповідно до рецептури готувалось тісто та формувалась тістова заготовка, в яку встановлювались термопари та яка випікалась в печі.

Вимірювання температури в шарах галет відбувається встановленими термопарами. В якості нульового потенціалу використана вода наповнена льодом з температурою 0 °С, що знаходилась в сосуді Дюара. Потенціал з термопар через аналоговий модуль та модуль перетворення надходить до ЕОМ де реєструється в автоматичному режимі та зберігається значення температури в процесі випікання. Для занесення та відображення отриманих даних в ЕОМ використано відповідне програмне забезпечення. Інтервал опитування 10 од/с.

Вмикаємо ваговий механізм та прилади вимірювання температури і завантажують заготовки в пекарну камеру печі, нагріту до необхідної температури. Ваговий механізм слугує для вимірювання зміни маси галет в процесі випікання з метою визначення їх вологості.

Ваговий механізм складається з тензометричного датчика з якого знімається електричний потенціал і через аналоговий модуль передається на ЕОМ.

Випечені вироби завантажували до камери вакуумного апарату для подальшого охолодження, де відбувалось зняття показів зміни температури.

Для визначення необхідної тривалості досушування розраховувалась кінцева вага галет та спостерігалась значення температури в перерізі заготовки.

Для отримання достовірних експериментальних даних кожний дослід повторювався не менше трьох разів, після чого дані зводились до таблиць. На основі даних будувались графіки. З метою визначення закономірностей взаємозв'язку отриманих даних проводилась їх математична обробка.

2.4 Математичне моделювання з використанням програмного комплексу ELCUT.

Розрахунок температурних полів

Температурний аналіз грає помітну роль при проектуванні багатьох механічних і електромагнітних систем. Як правило, інтерес представляють розподіл температури температурного градієнта, теплового потоку і втрат тепла. Використовуючи модуль нестационарної теплопередачі, можна розрахувати тепловий перехідний процес з постійними в часі граничними умовами.

ELCUT може виконувати лінійний і нелінійний стаціонарний температурний аналіз в плоскій і осесиметричній постановці.

ELCUT дозволяє вирішувати завдання теплопередачі (стаціонарні і нестационарні) в лінійній і нелінійній постановках.

При вирішенні теплових задач використовується рівняння теплопровідності в одному з видів:

для лінійних задач:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

і для осесиметричних задач:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda_r r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q - c\rho \frac{\partial T}{\partial \tau};$$

для нелінійних задач:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\lambda(T) r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) = -q(T) - c(T)\rho \frac{\partial T}{\partial \tau}$$

де: T - температура;

τ - час;

λ_x (y, z, r) - компоненти тензора теплопровідності (в лінійній постановці);

λ (T) - теплопровідність, як функція температури, представлена кубічним сплайном (анізотропія не підтримуються в нелінійній постановці);

q - питома потужність тепловиділення, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури.

c (T) - питома теплоємність, в лінійній постановці - константа, в нелінійній постановці - задається кубічним сплайном функція температури;

ρ - щільність

У стаціонарній задачі останній доданок в правій частині рівнянь дорівнює нулю.

Всі параметри рівнянь в лінійній постановці постійні в межах кожного блоку моделі.

Постановка завдання розподілу температурного поля в тонких пластинах вельми схожа на формулювання плоско-паралельної завдання.

Властивості середовищ: ортотропні матеріали з постійною теплопровідністю, ізотропні матеріали з теплопровідністю, що залежить від температури, матеріали з теплоємністю, що залежить від температури.

Джерела поля: постійні і залежать від температури об'ємні джерела теплової потужності, конвективні та радіаційні джерела, потужність Джоулеа втрат, імпортована з завдання розтікання струмів.

Граничні умови:

Умова заданої температури задає на ребрі або в вершині моделі заздалегідь відоме значення температури T_0 (наприклад, при інтенсивному омивання поверхні рідиною постійної температури). Значення T_0 на ребрі може бути задано у вигляді лінійної функції координат. Параметри задає функції можуть змінюватися від ребра до ребра, але повинні бути узгоджені так, щоб функція T_0 не змінювалася розривів в точках дотику ребер.

Цей вид граничної умови іноді називають умовою першого роду.

Умова заданого теплового потоку описується наступними співвідношеннями на зовнішніх та внутрішніх межах відповідно:

$$F_n = -q_s$$

$$F_n^+ - F_n^- = -q_s$$

де F_n - нормальна компонента вектора щільності теплового потоку, індекси "+" і "-" позначають "зліва від кордону" і "праворуч від кордону" відповідно. Для внутрішнього кордону q_s , означає поверхневу потужність

джерела, для зовнішньої - відоме значення теплового потоку через кордон. Якщо q_s , дорівнює нулю, гранична умова називається однорідним. Однорідне умова другого роду на зовнішньому кордоні означає відсутність теплового потоку через зазначену поверхню. Однорідне умова другого роду є природним, воно встановлюється за умовчанням на всіх тих сторонах, складових зовнішній кордон, де явно не вказано інше гранична умова. Цей вид граничної умови вживається в двох випадках: на площині симетрії завдання (якщо через симетричність геометрії і джерел завдання вирішується тільки на частині області), а також для опису адіабатичній кордону.

Якщо потужність тепловиділення задана на зовнішньому ребрі, що є слідом площини симетрії завдання, справжнє значення потужності тепловиділення слід розділити навпіл.

Цей вид граничної умови іноді називають граничною умовою другого роду.

Гранична умова конвекції може бути задано на зовнішньому кордоні моделі. Воно описує конвективний теплообмін і визначається наступним чином:

$$F_n = \alpha(T - T_0),$$

де α - коефіцієнт тепловіддачі, і T_0 - температура навколишнього середовища. Параметри α і T_0 можуть змінюватися від ребра до ребра.

Гранична умова цього типу іноді називають граничною умовою третього роду.

Гранична умова радіації може бути задано на зовнішньому кордоні моделі. Воно описує радіаційний теплообмін і визначається наступним чином:

$$F_n = k_{\text{SB}}\beta(T^4 - T_0^4),$$

де $k_{SB} = 5,76 \cdot 10^{-8} \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К}^4)$ - константа Стефана-Больцмана, β - коефіцієнт поглинання поверхні, і T_0 - температура поглинаючого середовища. Параметри β і T_0 можуть змінюватися від ребра до ребра.

Гранична умова рівної температури може бути використано для опису тіл з дуже високою, в порівнянні оточуючими тілами, теплопровідністю. Середина такого тіла може бути виключена з розрахунку температурного поля за умови опису всієї його поверхні як поверхні рівної температури. Дана умова відрізняється від умови першого роду тим, що температура на описуваної поверхні не відома заздалегідь.

Результати розрахунку: температура, градієнт температури, щільність теплового потоку і інтегральні значення теплового потоку через задані поверхні. Для нестационарної задачі: графіки і таблиці зміни фізичної величини в часі.

Спеціальні можливості: Інтегральний калькулятор може обчислювати різні інтегральні значення на зазначених лініях і поверхнях. Розподіл температури може бути передано в задачу розрахунку механічного напруженого стану (сполучена термо-пружна завдання).

Можна передати розподіл температури в задачу нестационарної теплопередачі, де воно буде використано в якості початкового розподілу температури.

Розділ 3. Дослідження процесу охолодження галет вакуум-випарним способом

3.1 Вплив величини вакууму на вологість та температуру галет.

Дослідження зміни температури при випіканні галет у різних площинах виконували за допомогою мідь-константних термопар, що розміщували в середині заготовки. Термопари встановлювали на спеціальних «поплавках», щоб в процесі випікання вони рухались паралельно з підйомом різних шарів заготовки.

На рис.3.1 зображено температурні криві процесів випікання галет при температурі пекарної камери 180 °С та подальшого охолодження при зниженні тиску до 3 кПа.

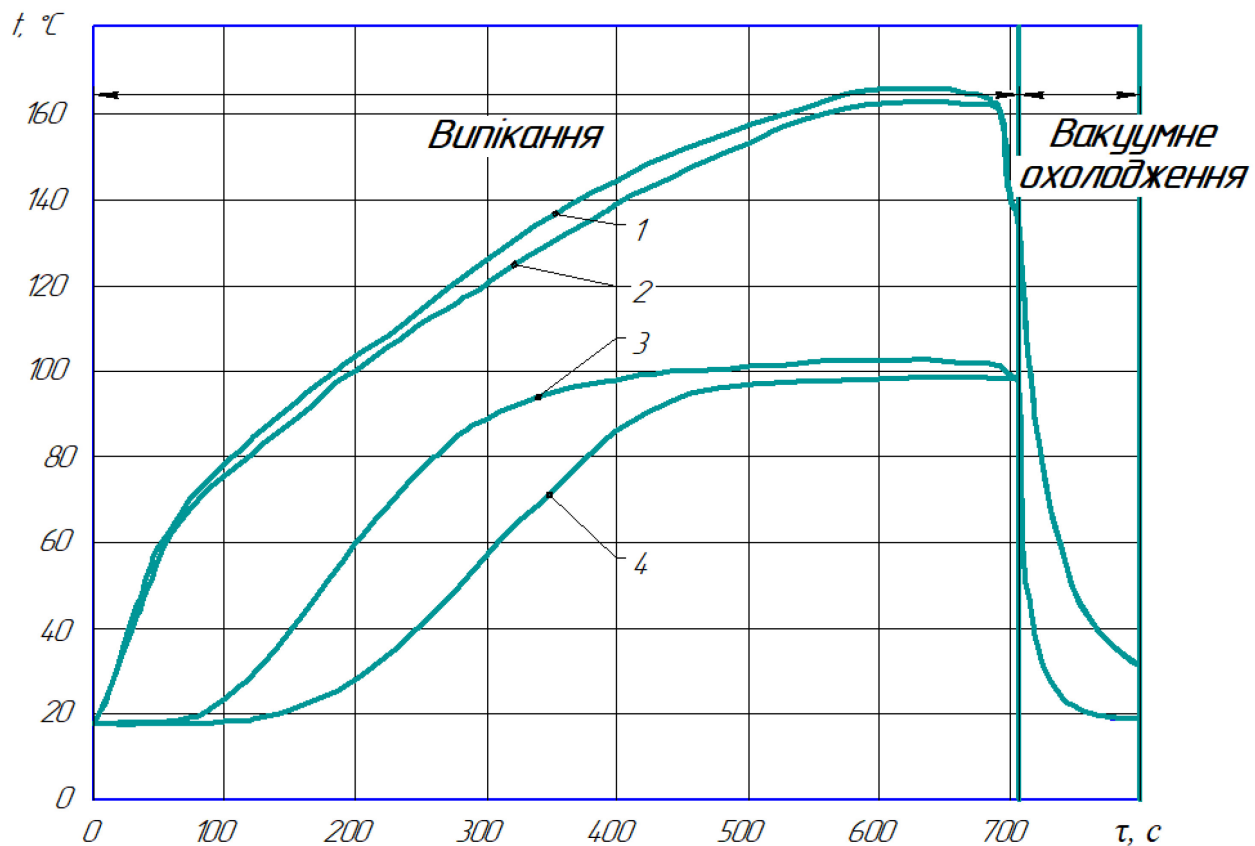


Рис. 3.1. Температурні криві при випіканні та охолодженні галети товщиною 10 мм: 1 – верхня поверхня; 2 – нижня поверхня; 3 – 2-3 мм від верхньої скоринки; 4 – центр заготовки.

Температурні криві процесу випікання галет за радіаційно-конвективного обігріву властиві для колоїдних капілярно-пористих тіл.

Скоринки галет в кінці процесу випікання нагріваються до 160°C . Центр заготовки прогрівається до температури 100°C при якій відбувається кипіння рідини, на 7 хв.

Процес випікання супроводжується сукупністю фізико-хімічних, мікробіологічних, колоїдних процесів, які утворюють структуру галети.

Випечені галети завантажувались в камеру вакуум апарата для охолодження, в якій знижувався тиск до визначеного значення, внаслідок чого відбувалось випаровування вологи і галети охолоджувались до температури, що відповідає тиску.

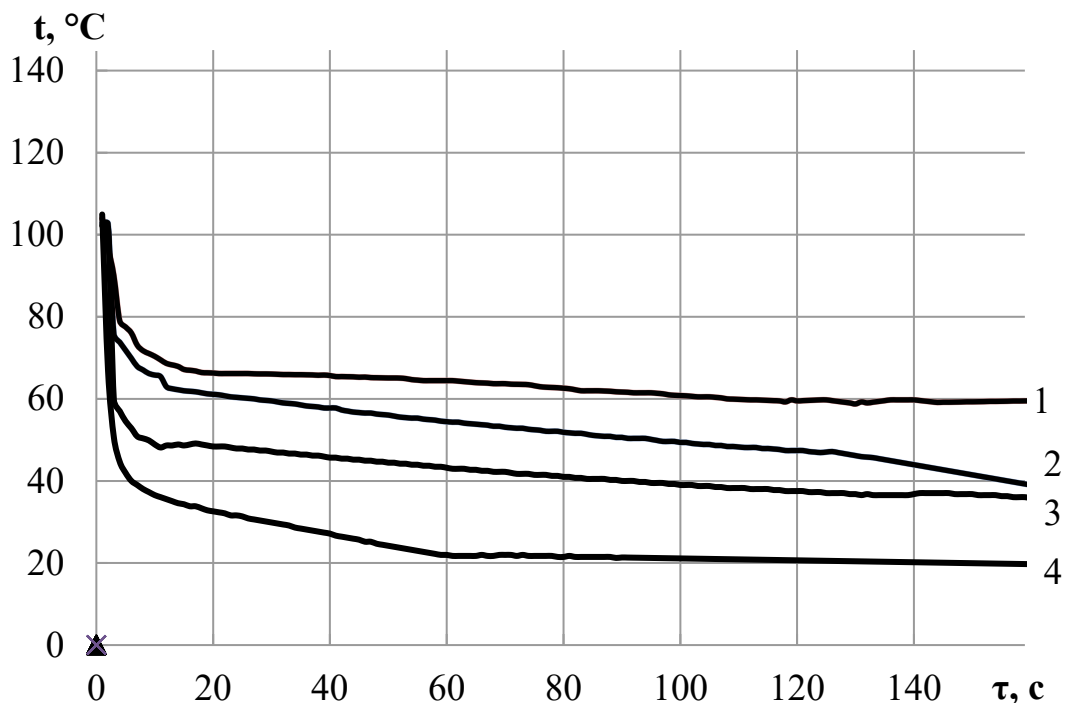


Рис.3.2.Температура центру галети в процесі вакуум-випарного охолодження до кінцевого тиску середовища вакуумної камери P , кПа: 1 – 30; 2 – 20; 3 – 20; 4 – 3.

На рис. 3.2 та таблиці 3.1. показані результати дослідження зміни температури центру галети при вакуум-випарному охолодженні до відповідних значень тиску в камері.

Заготовку можливо охолодити до температури, яка визначається кількістю вільної вологи у ній, та значенню залишкового тиску у вакуумній камері від якої залежить температура кипіння води. В таблиці 3.1 наведені залежність температури кипіння води від абсолютного тиску.

Таблиця 3.1 *Температура кипіння води при тиску*

P,кПа	t, °C
5	32,9
10	45,8
15	54
20	60
25	65
30	69

Досліджено вплив глибини вакууму на процес. З отриманих результатів впливу ступіня розрідження на перебіг процесу охолодження (рис.3.2), видно, що на початку відбувається різке охолодження галет відповідно до кривої зниження тиску, після чого відбувається процес природного охолодження.

Температурні криві процесу вакуумного охолодження галет показують, що при зниженні тиску в камері відбувається кипіння вологи в об'ємі галети та її випаровування внаслідок чого галета охолоджується. Інтенсивність процесу охолодження залежить від динаміки зміни тиску в робочій камері апарату. Для лабораторних умов тривалість процесу вакуумного охолодження галет склала близько 2 хв. Особливістю даного способу є те, що поверхневі шари галети у порівнянні з центральними шарами охолоджуються повільніше. Дане явище пояснюється розподілом вологи в галеті в кінці її випікання, адже у скоринці практично відсутня волога, яка відбирає тепло при випаровуванні.

При такому способі охолодження температура центральних шарів галети знижується адекватно зниженню тиску середовища робочої камери і відповідає кривій насичення водяної пари при даному тиску, що свідчить про рівність тисків в камері розрідження та центрі заготовки і відповідно гарну вакуумпроникність галети.

Зміна температури поверхні заготовки відбувається за рахунок транзитної пари та градієнта температур між поверхнею заготовки та її центральними шарами. На початку процесу охолодження градієнт температур складає близько 40 °С і зменшується до 15 °С до кінця процесу охолодження ($\tau=120$ с).

Отримані результати підтвержують те, що при охолодженні вакуумним способом кінцева температура і вологість галети визначається значенням кінцевого абсолютного тиску в камері і вологістю та температурою шарів заготовки.

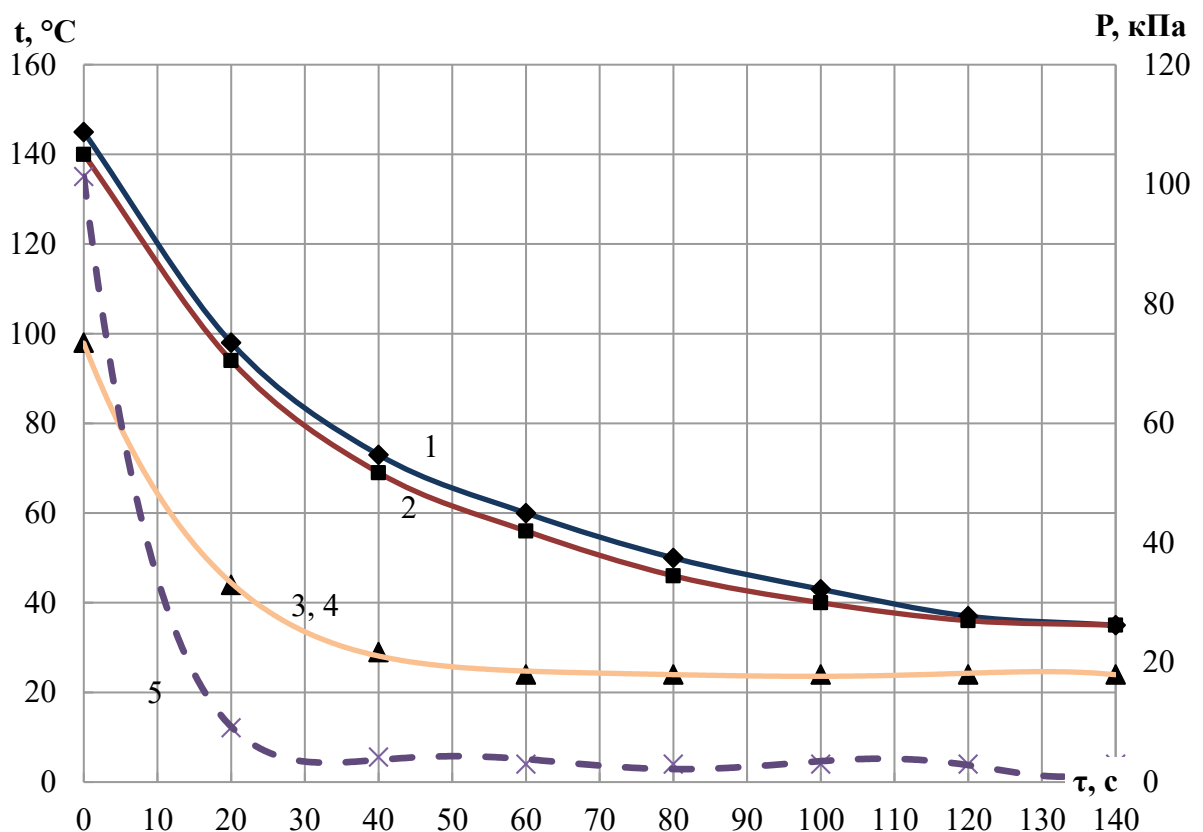


Рис.3.3– Температурні криві процесу охолодження галет при зміні тиску робочої камери

1 – верхня скоринка; 2 – нижня скоринка; 3 – 2-3 мм від верхньої скоринки; 4 – центр заготовки; 5 – тиск середовища камери охолодження.

Оскільки даний спосіб охолодження ґрунтується на випаровуванні вологи з матеріалу та враховуючи, важливість даного показника, нами досліджено вплив значення кінцевого тиску середовища вакуум-випарного апарату на частку випареної вологи з заготовки.

На рис.3.4 показано залежність кількості вологи, що випаровується з галет від значення створеного абсолютного тиску в вакуумній камері.

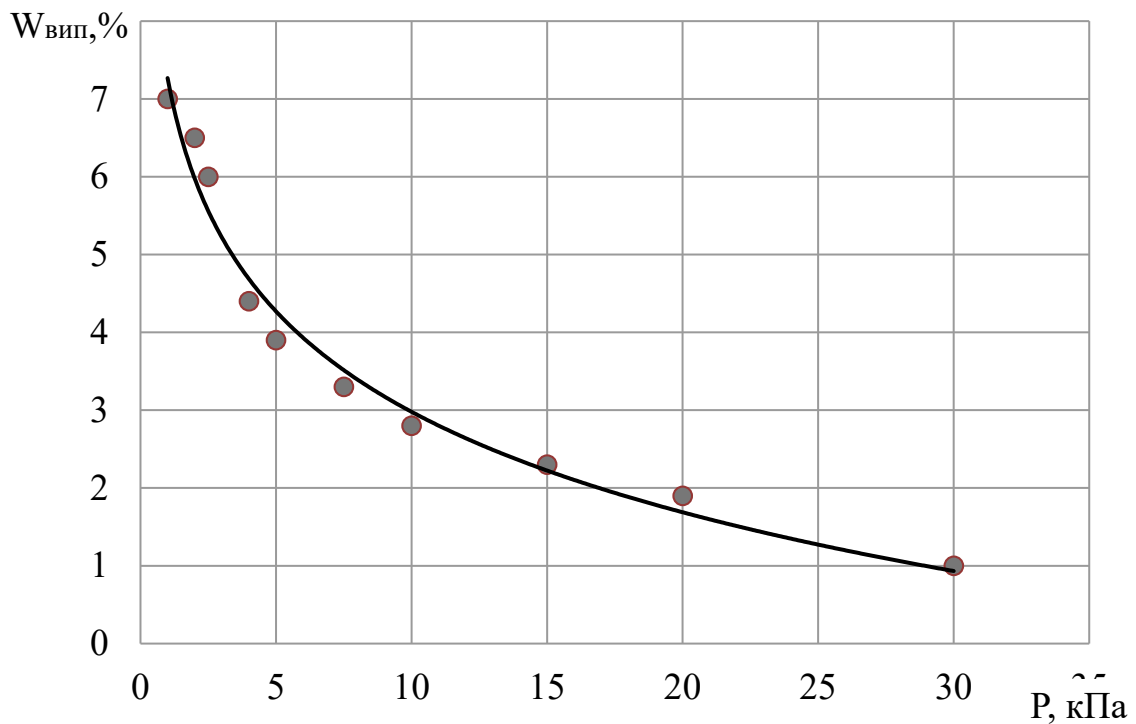


Рис.3.4 Кількість вологи, що випаровується з галет від значення створеного абсолютного тиску в вакуумній камері

Отримані значення свідчать про можливість скорочення тривалості досушування галет, оскільки процес вакуум-випарного охолодження пов'язаний з більшими втратами вологи ніж при традиційному охолодженні, що знаходиться в межах 3-4%.

Результати досліджень впливу абсолютного тиску, що створюється в вакуумній камері, на температуру всередині заготовок та вологості галет представлені на рис 3.5.

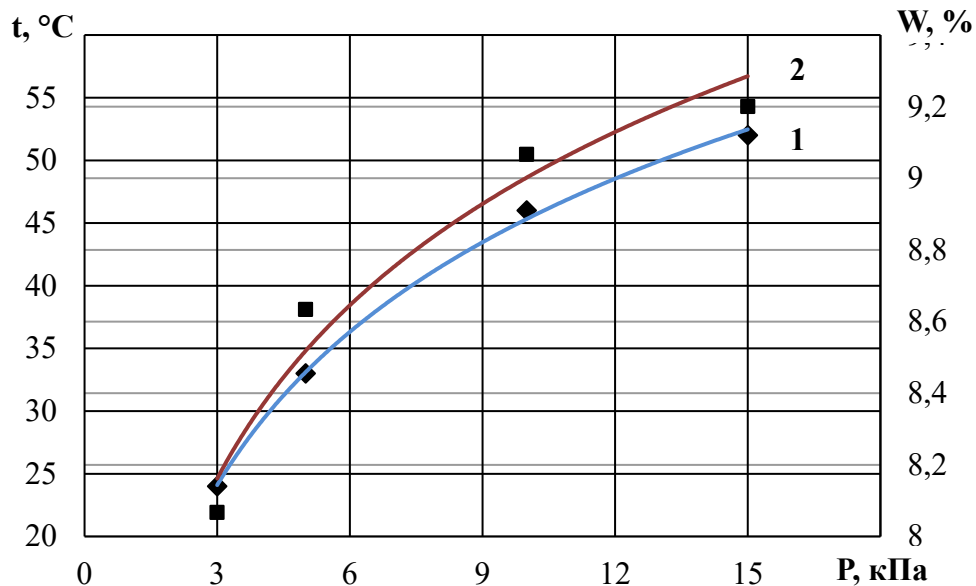


Рис. 3.5 –Кінцева температура центру (1) та вологість галет (2) від тиску.

З отриманих даних видно, що зі зниженням абсолютного тиску середовища вакуум-камери до 3 кПа вологість виробів знижується від 14% до 8,2%, що відповідає встановленим вимогам рецептури 8–10% і в вказаних межах описується рівнянням:

$$W = 28.5 - 107.3 \cdot e^{-2.35 \cdot P^{0.32}}, \%$$

Враховуючи, що технологічними умовами встановлена максимальна вологість галет на рівні 10%, а температура виробів має бути в межах 25-30 °C то процес охолодження доцільно проводити до досягнення значень абсолютного тиску в камері на рівні 3 – 5 кПа. Оскільки, подальше зниження абсолютного тиску менше 3 кПа пов'язане з переохолодженням галет і надмірної втрати ними вологи.

3.2 Моделювання процесу природнього охолодження галет в програмному комплексі ELCUT.

Для моделювання процесу охолодження галет при природньому охолодженні використано програмний комплекс ELCUT, який може виконувати лінійний і нелінійний стаціонарний температурний аналіз в плоскій і осесиметричній постановці та дозволяє вирішувати завдання теплопередачі (стаціонарні і нестаціонарні) в лінійної і нелінійної постановках.

Задача: Визначити температурний відгук галети після випікання з висотою 0,01м, з початковою температурою $T_0=100\text{ }^\circ\text{C}$, який подається в повітряне середовище з температурою $T_{\text{пов}}=20\text{ }^\circ\text{C}$. Коефіцієнт конвекції з поверхні проводу дорівнює α .

Тип завдання:

Плоско-паралельна задача нестаціонарної теплопередачі з граничними умовами конвекції.

Геометрія заготовки галети являє собою прямокутний паралелепіпед з розмірами 50x10x50мм (Рис.3.6):



Рис.3.6. Геометрія галети

дано:

Температура заготовки $T_0 = 100\text{ }^\circ\text{C}$,

теплопровідність $\lambda = 0,4\text{ Вт / м}\cdot\text{К}$,

теплоємність $c = 2848\text{ Дж / кг}\cdot\text{К}$,

щільність $\rho = 500 \text{ кг / м}^3$;

Температура повітря $T_{\text{пов}} = 20^\circ \text{ C}$,

Рішення задачі:

- задаємо тип задачі – «Теплопередача нестационарная»;
- клас моделі – «Осесимметричная»;
- одиниці довжини – «миллиметры»;
- розрахунок – «Обычный».

Відповідно до прийнятої геометрії створюємо геометричну модель галети та задаємо відповідні параметри моделі. При цьому значення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією з поверхні виражаємо в залежності від температури заготовки:

$$\alpha = 1,961t^{0,3968} \text{ Вт / К-м}^2.$$

В результаті виконаного розрахунку отримана модель нестационарного охолодження галет при температурі охолоджуючого повітря 20° C (рис.3.7) температурна крива охолодження центру заготовки (Рис.3.8), поверхні заготовки (рис.3.9) та температурне поле заготовки (рис.3.10):

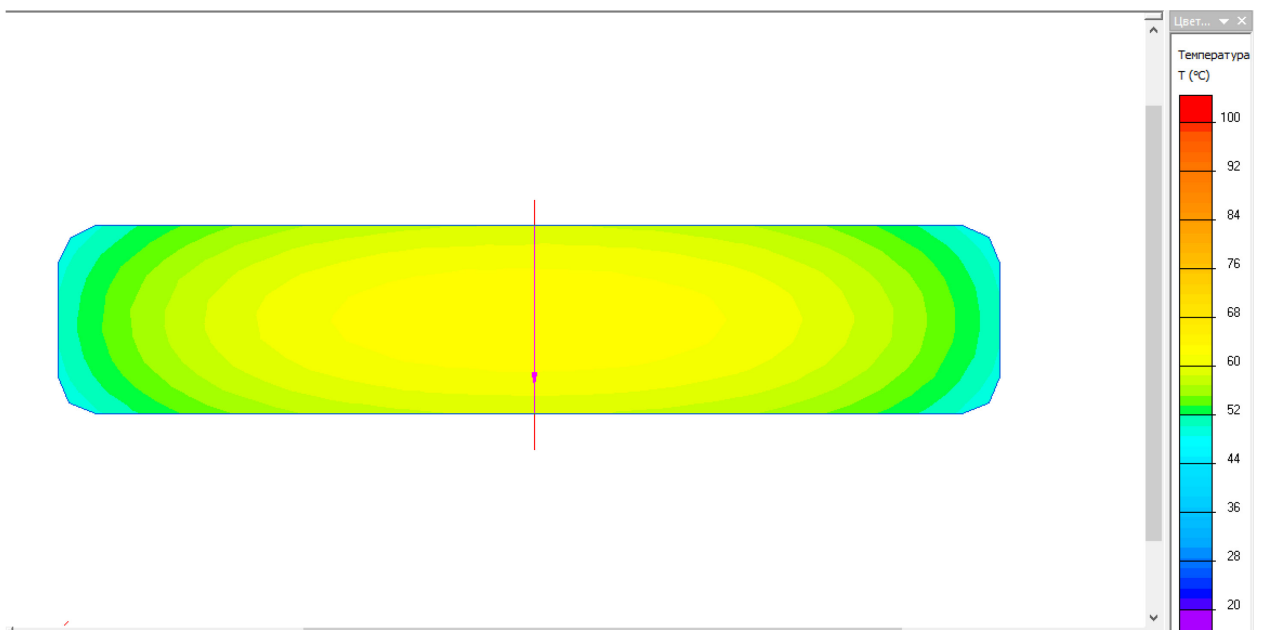


Рис.3.7. Розподіл температур в заготовці на 340 с процесу охолодження.

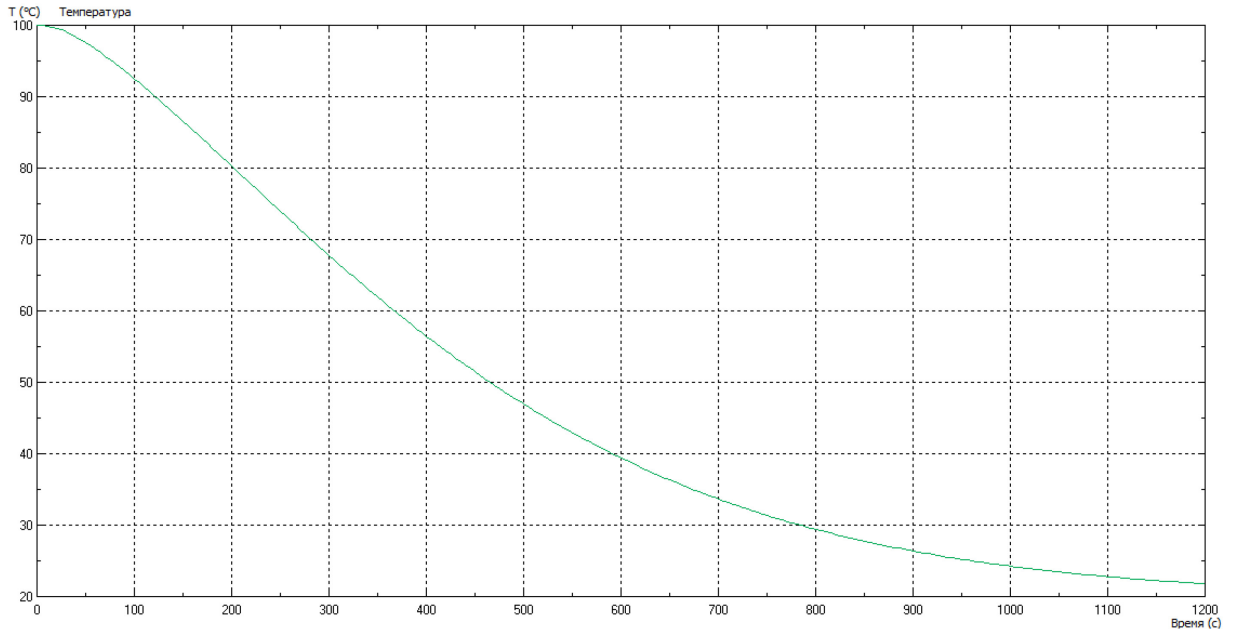


Рис.3.8. Температурна крива центру заготовки

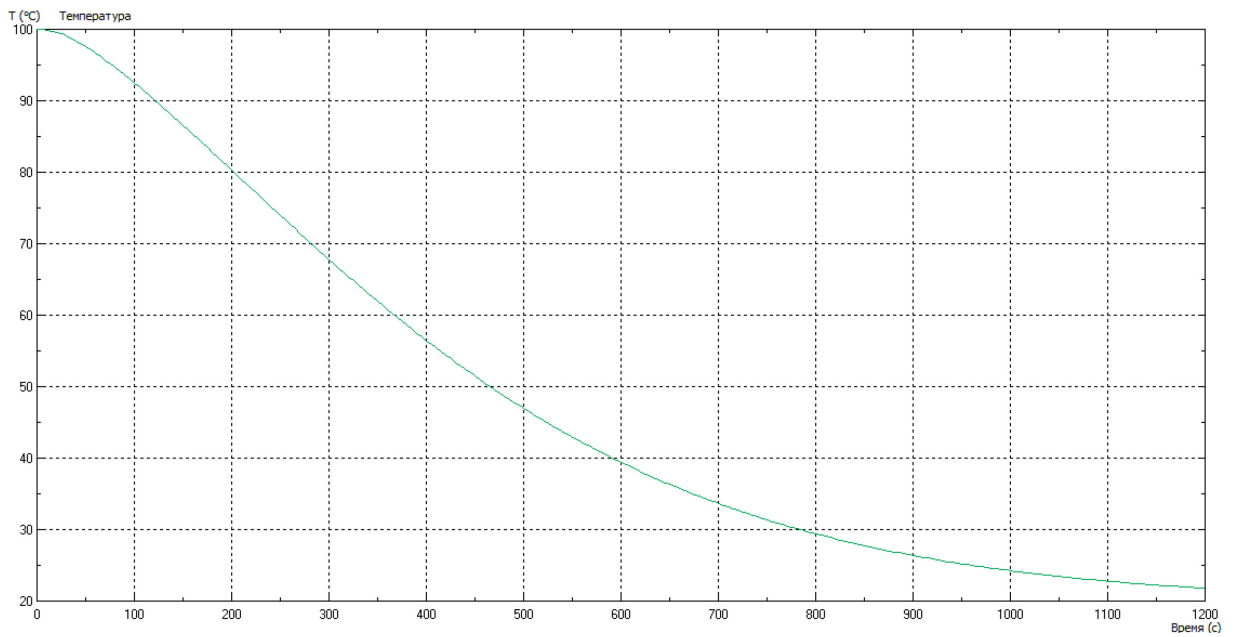


Рис.3.9. Температурна крива поверхні заготовки

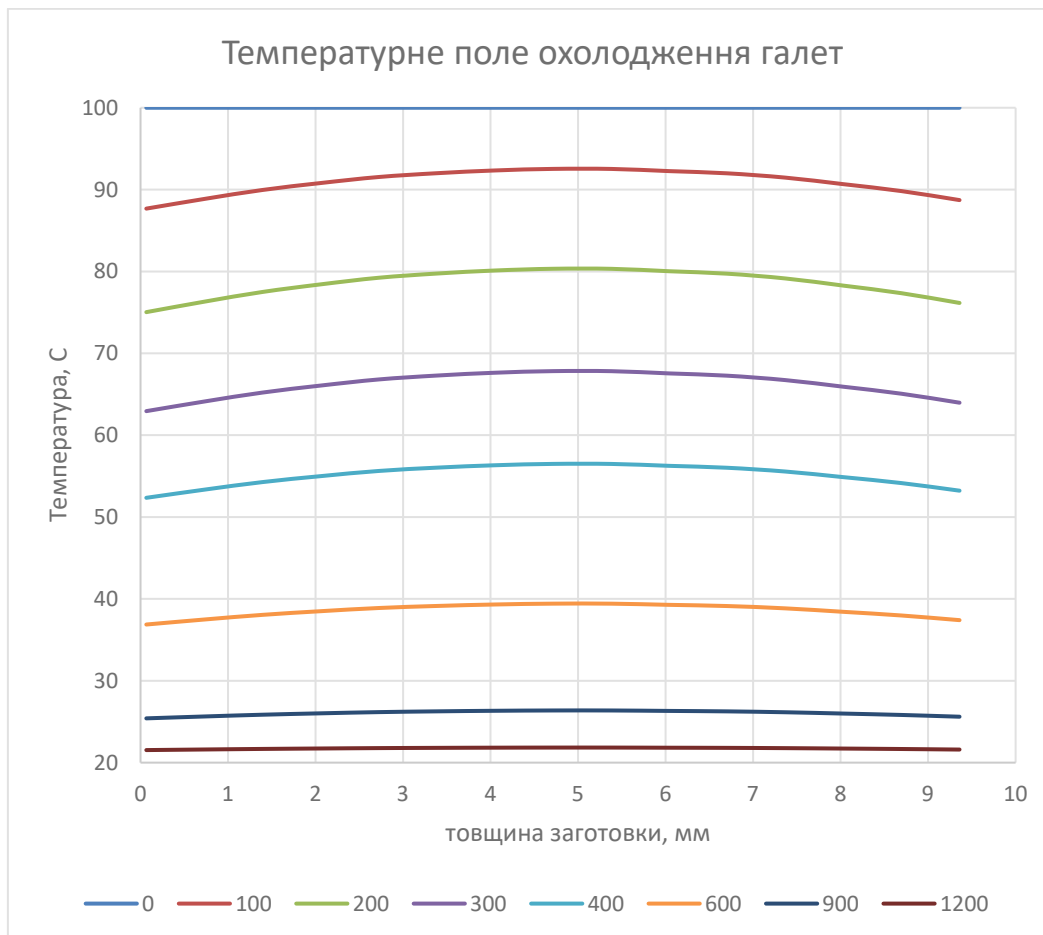


Рис.3.10. Температурне поле заготовки.

Аналіз отриманих даних показує, що максимальний градієнт температур всередині заготовки при охолодженні знаходиться в межах до 6 °С, при цьому тривалість процесу охолодження випеченої заготовки з розмірами 50x10x50мм. з галетного тіста при природній конвекції триває близько 15 хв., що відповідає часу охолодження визначеному дослідним шляхом, що свідчить про адекватність моделі.

Висновки

Встановлено, що кінцева температура галет при їх охолодженні вакуум-випарним способом знаходиться в прямій залежності від значення абсолютного тиску, що створюється в вакуумній камері, про що свідчать отримані температурні криві процесу. Для поверхні заготовок такої залежності не спостерігається, що на нашу думку пов'язано з її низькою вологістю внаслідок утворення зневодненої скоринки.

Впровадження вакуум-випарного способу охолодження та апарату для його здійснення при виробництві галет дозволяє більш раціонально використовувати виробничі площі, оскільки дозволяє виключити з лінії виробництва громіздкий тунельний охолоджувач, що в довжину може досягати декількох десятків метрів (для заготовок з максимальною товщиною біля 10-11мм), скоротити тривалість процесу охолодження з 9-20хв до 3 хв. та покращити якість продукції внаслідок більш рівномірного розподілу вологи в заготовці, що запобігає крихкості та утворення браку.

Наведені переваги дозволяють розширити асортимент галетних виробів, та забезпечити кінцевому продукту високі показники якості.

Рекомендованим тиском при якому доцільно проводити процес є 3–5 кПа який дозволяє охолодити продукт до 24–32 °С.

Розділ 4 Впровадження результатів досліджень

4.1 Розроблення апарату для вакуум-випарного охолодження

Виробництво спеціальних сортів хлібних виробів: бісквітні вироби, галети, печиво, бубличні і сухарні вироби, хлібні палички, соломка та інші, внаслідок більш складної технологічної схеми виробництва та її недостатнім рівнем механізації, характеризуються найбільш трудомістким виробництвом в хлібопекарській галузі. Тому наша робота присвячена виробництво галет, що відноситься до цих хлібних сортів виробів.

Охолодження галет вакуум-випарним способом дозволяє зменшити виробничі площі та час охолодження галет. Випечені галети з конвеєру печі подаються на апарат для вакуум-випарного охолодження. Після завантаження галет до камери вакуум-випарного охолоджувача, ротор апарату, за допомогою приводного механізму, повертається на кут 90° в перше положення, в якому відкачується пароповітряна суміш і поступово створюється необхідний кінцевий тиск ($\sim 3 \times 10^3 \text{Па}$), що дозволяє одночасно висушити та охолодити галети, до тієї температури за якої вони пакуються, за рахунок роботи вакуумної системи, що з'єднана з камерою через патрубок в корпусі апарату. В цьому ж положенні, після завершення процесу охолодження, відбувається з'єднання внутрішнього об'єму середовища ящика із навколишнім середовищем, що дозволяє повернути камеру в наступне положення..

Вакуумна система змонтована неподалік від апарату і складається з вакуумного насосу, конденсатора трубопроводів.

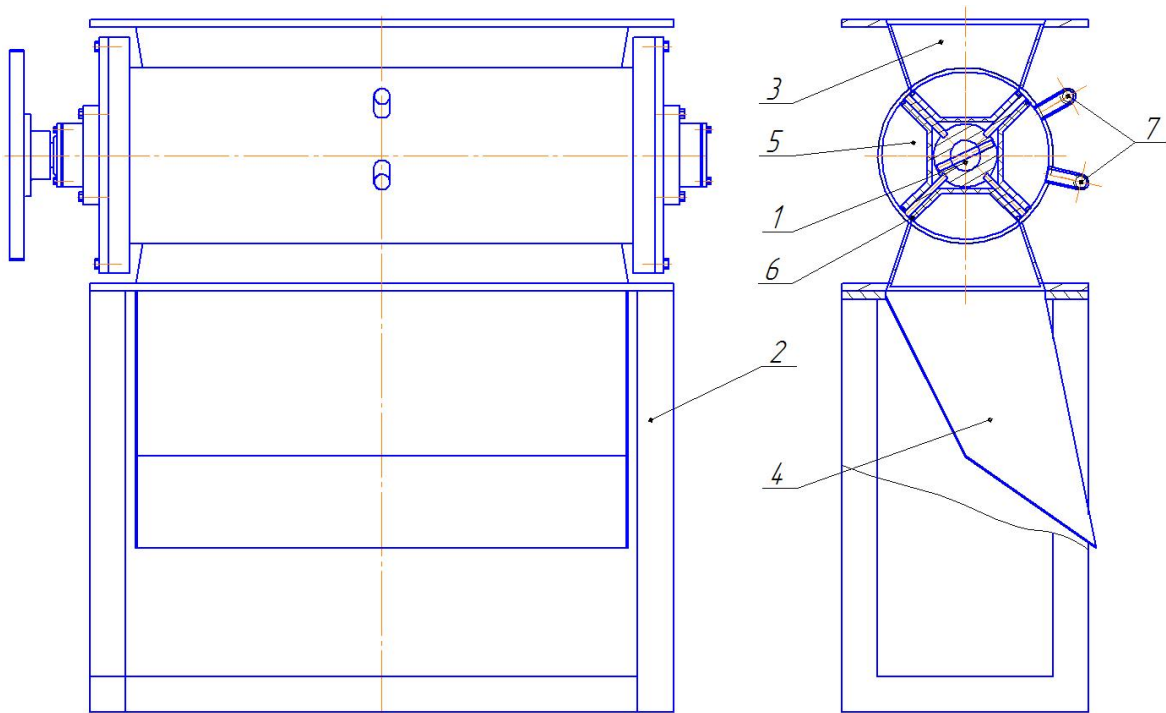


Рис 4.1. Апарат для вакуум-випарного охолодження

1 - ротор; 2- рама; 3-приймальний бункер; 4- бункер вивантажувальний;
5-робоча камера; 6- ущільнювач; 7-патрубки вакуум-системи

В наступній позиції камера повертається в кінцеве положення (на 180° від свого початкового положення). Робочий хід камери закінчується вивантаженням заготовок через розвантажувальний патрубок на стрічку конвеєра, для подачі виробів до пакувальної машини. Весь цикл апарату включає в себе і холостий хід камери при якому вона подається у вихідне положення до завантажувального лотка.

Технічний результат полягає у інтенсивномк охолодженні та досушуванні галет внаслідок адіабатного кипіння, що виникає при створенні вакууму. Це забезпечує скорочення виробничих площ та зниження витрат.

4.2 Розрахункова частина

Розрахунок продуктивності

Провідним обладнанням у лінії по виробництву галет є піч, тому все обладнання підбирають та розраховують, виходячи з її продуктивності

Кількість галет в ряду по ширині поду печі:

$$n = \frac{B - a}{d + a} = \frac{600 - 25}{50 + 25} = 8_{(\text{шт})},$$

Приймаємо $n=8$

де B – ширина поду печі, a – зазор між заготовками, d – ширина галетного печива,

Кількість рядів заготовок по довжині поду печі:

$$N = \frac{L - a}{d + a} = \frac{12000 - 25}{50 + 25} = 150$$

де L – довжина поду печі, a – зазор між заготовками, d – довжина заготовки,

Годинна продуктивність печі, кг/год:

$$P_{\text{год}} = \frac{n \cdot N \cdot m}{\tau} \cdot 60 = \frac{8 \cdot 150 \cdot 0,002}{10} \cdot 60 = 120 \text{ (кг/год);),}$$

m – маса галети;

Добова продуктивність, т/добу:

$$P_{\text{доб}} = \frac{P \cdot 23}{1000} = \frac{120 \cdot 23}{1000} = 2,76, \text{ т/добу.}$$

Секундна продуктивність печі по галетах, кг/с:

$$P_{\text{с}} = \frac{P_{\text{год}}}{3600} = \frac{120}{3600} = 0,03 \text{ кг/с}$$

Розрахунок геометричних параметрів апарату для вакуум-випарного охолодження

Розраховуємо об'єм вакуум-камери апарату:

$$P = \frac{V \cdot \rho_{\text{сух}}}{\tau}$$

$$V = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot l \quad \text{звідси} \Rightarrow \quad V = 3,14 \cdot \frac{0,21^2}{4} \cdot 0,7 = 0,024 \text{ м}^3$$

Знаходимо тривалість:

Приймаємо $\rho_{\text{сyx}} = 340 \text{ кг/м}^3$.

Розраховуємо з формули продуктивності час всього циклу роботи камери

$$\tau = \frac{0,024 \cdot 340}{120} \cdot 3600 = 4 \text{ хв}$$

Розрахунки апарату вакуум-випарного охолодження на міцність

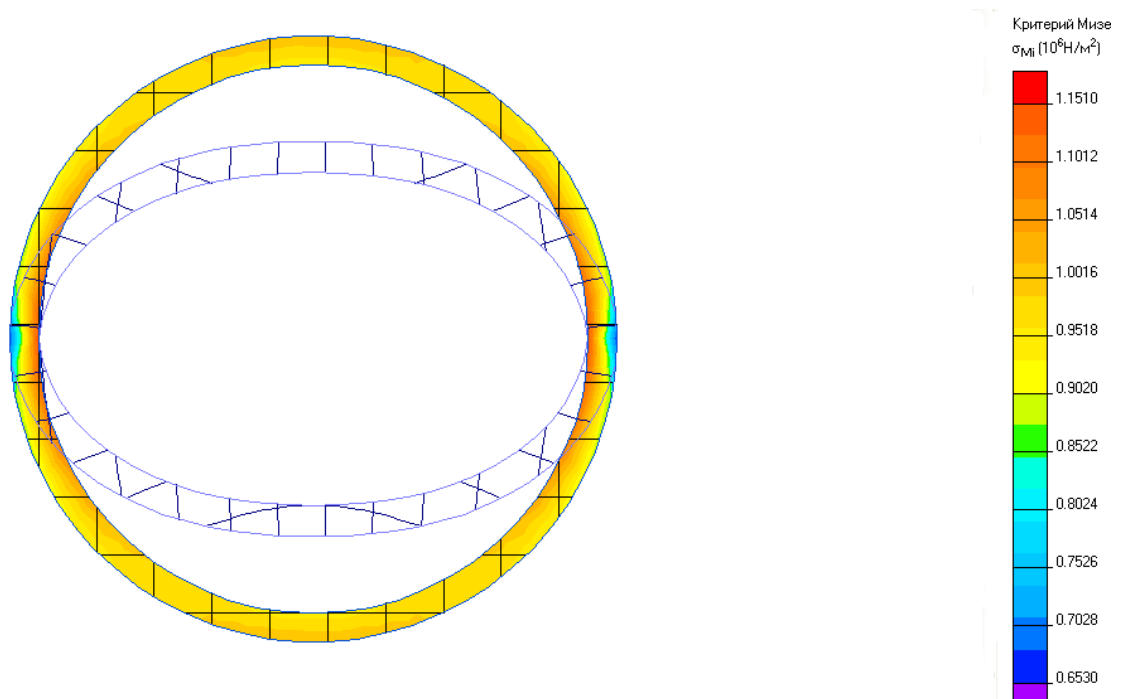


Рис.4.2 Графік розрахунку корпусу апарату для вакуум-випарного охолодження на міцність.

Визначення товщини стінки корпусу апарату

Тиск, що діє в апараті, Па:

$$P = 3 \cdot 10^3$$

Внутрішній діаметр циліндричної частини

корпусу апарату D_1 , м

$$D_1 = 0,21$$

Допустиме напруження матеріалу 12X18H10T циліндричної

стінки апарату σ_p ,

$$[\sigma] = 510 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

Надбавка на корозію до товщини стінки апарату δ , м

$$\delta = 0.002$$

Знаходимо допустиме напруження матеріалу стінки апарату на розтяг:

$\sigma = [\sigma] / n$, де n – коефіцієнт запасу міцності, приймаємо $n = 4$.

$$\sigma = 510 \cdot 10^6 / 4 = 1.27 \cdot 10^8.$$

Розрахунок проведений з допомогою комп'ютерної програми для проведення інженерного аналізу і двовимірного моделювання методом кінцевих елементів (МКЕ) – «Elcut» - це

Попередньо в розрахунку прийняли товщину стінки 2мм і отримали значення

$$\text{Критерія Мізеса } \sigma_{mi} = 1,10 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2$$

Прирівнюємо отриманий критерій з допустимим напруження і маємо

$$\frac{\sigma}{\sigma_{mi}} = \frac{1,27 \cdot 10^6}{1,10 \cdot 10^6} = 1,1$$

Отже, прийнята нами попередньо товщина стінки допустима, але приймаємо за стандартом більшу за розрахункову $\delta_1 = 0.006 \text{ м}$

Розрахунок апарата на міцність

Розрахунок лотка проводимо за принципом розрахунку балки на згин, тиск в робочій камері вакуумування $P_{\text{MAX}}=0,3(\text{кПа})$, $P_{\text{атм}} = 101\,325 \text{ Па}$, границю міцності приймаємо $[\sigma]=160\text{МПа}$.

Надбавка на корозію $\delta = 0.002$

Знаходимо площу камери:

$$S = l \cdot h = 0,64 \cdot 0,060 = 0,0384(\text{м}^2)$$

Далі знаходимо силу що діятиме на балку:

$$F = S \cdot P_{\text{атм}} = 0,0384 \cdot 101325 = 3890,9 (\text{Н / м}^2)$$

Знаходимо згинальний момент:

$$M = F \cdot L / 2 = 3890,9 \cdot 0,64 / 2 = 1245,2 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Далі, з умови міцності знаходимо осьовий момент опору:

$$W_z = \frac{M}{[\sigma]} = \frac{1245,1}{160000} = 0,0078 \text{ м}^3$$

Наступним кроком буде знаходження товщини стінки з'ємного лотка

$$W_z = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

звідси

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot W_z}{b}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 0,0078}{0,025}} = 1,4 \text{ мм}$$

Додавши надбавку на корозію отримуємо товщину стінки:

$$\delta = 3,4 \text{ мм}$$

Остаточно приймаємо товщину стінки з'ємного лотка більшу за розрахункову $\delta = 6 \text{ мм}$

Розрахунок підшипників

Підбір радіально-упорного роликотпідшипника відбувається за такими даними: осьове навантаження, що прикладене до валу і сприймається підшипником $F_{ab} = 3512 \text{ Н}$; радіальне навантаження на підшипник $F_r = 1963,6 \text{ Н}$; частота обертання валу $n = 12 \text{ об/хв}$; посадочний діаметр валу під підшипник $d = 25 \text{ мм}$; коефіцієнт обертання кільця $V = 1$; коефіцієнт безпеки $K_\sigma = 1,2$; температурний коефіцієнт $K_T = 1,05$; необхідна довговічність $L_h \geq 25000 \text{ год}$.

1. Приймаємо підшипник середньої серії 205 за ГОСТ 8338-75, з такими параметрами: динамічна вантажопід'ємність $C = 11000 \text{ Н}$; статична вантажопід'ємність $C_0 = 7090 \text{ Н}$; кут контакту $\alpha = 12^\circ$

Осьова складова радіальних навантажень для підшипника

$$F_s = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,32 \cdot 1963,6 = 521,5 \text{ Н} \text{ де } e = 1,5 \cdot \text{tg} \alpha = 1,5 \cdot \text{tg} 12^\circ = 0,32$$

Розрахункове осьове навантаження

$$F_a = F_s + F_{ab} = 521,5 + 3512 = 4033,5 \text{ Н}$$

З співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{4033,5}{1 \cdot 1963,6} = 2,054 > e = 0,32$$

Приймаємо коефіцієнти радіальних і осьових навантажень: $X = 0,46$ і $Y = 1$.

5. Еквівалентне динамічне навантаження на підшипник

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_\sigma K_T = (0,46 \cdot 1963,6 + 1 \cdot 4033,5) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 6220 \text{ Н}$$

6. За табл. $\frac{C}{P} = 1,6$, відповідно потрібна динамічна вантажопід'ємність $C = 3,42 \cdot P = 1,6 \cdot 6220,4 = 9952,6 \text{ Н}$. Вибраний підшипник середньої серії 205 з динамічною вантажопід'ємністю $C = 11000 \text{ Н}$, що більше за розраховану. Отже даний вибір підшипника є вірним.

Підбір мотора-редуктора та кінематичний розрахунок приводу

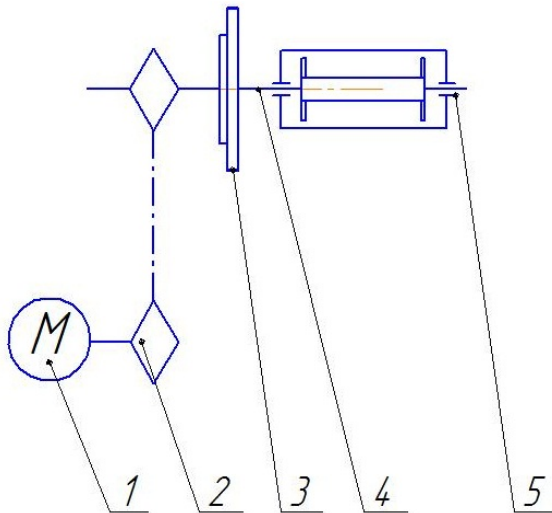


Рис.4.3 Кінематична схема приводу апарата вакуум-випарного охолодження

1–Мотор-редуктор; 2–Ланцюгова передача; 3– Мальтійський механізм;
4–Вал; 5– Підшипникова опора

Визначаємо частоту обертання ротора:

$$n_{\text{б}} = \frac{120}{t_{\text{перем}} \cdot \pi \cdot \alpha} = \frac{120}{16 \cdot 3,14 \cdot 1,7} = 1,4 \text{ об / хв}$$

$$t_{\text{перем}} = 16 \text{ с}, \text{ tg } \alpha = 1,7$$

Визначимо зусилля для подолання сил внутрішнього тертя

$$P = V \cdot \rho \cdot \text{tg } \varphi \text{ звідси } \Rightarrow$$

Далі знаходимо розрахункову потужність приводу:

$$N = V \cdot \rho \cdot \text{tg } \varphi \cdot R \cdot 2 \cdot \pi \cdot n \quad N = 0,024 \cdot 350 \cdot 0,6 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 1,4 = 8,4 \text{ Вт}$$

В якості приводу вибираємо двигун-редуктор типу ЗМП-25 марка АИР56А4 з частотою вихідного валу $n_{\text{б}} = 4,4 \text{ об / хв}$

Таблиця 4.1

МОТОР-РЕДУКТОР ЗМП-25				
Номинальная частота вращения выходного вала, об/мин	Номинальный крутящий момент на выходном валу, Н.м	Комплектуемый электродвигатель		Допускаемая радиально- консольная нагрузка на выходном валу, Н
		Марка	Мощность, кВт	
трехступенчатые				
3,55	90	АИР56А4	0,12	800
4,4	90	АИР56А4	0,12	
5,6	90	АИР56А4	0,12	
7,1	81	АИР56А4	0,12	
9	81	АИР56А4	0,12	
12,5	81	АИР56А4	0,12	
16	70	АИР56А4	0,12	

Загальне передаточне число приводу:

$i = i_1 \cdot i_2$ де i_1 - це передаточне число ланцюгової передачі, i_2 - передаточне число мальтійського механізму

Тоді передаточне число буде дорівнювати

$$i = \frac{4,4}{1,4} = 3,14$$

Передаточне число мальтійського механізму дорівнює

$$i_2 = \frac{2}{z} = \frac{2}{6} = 0,33,$$

де z – число пазів,

$$\text{тоді } i_1 = \frac{3,14}{0,33} = 1,03$$

Розраховуємо установчу потужність привода за формулою:

$$N_{np.} = \frac{N}{\eta_{привода}} = \frac{0,12}{0,677} = 0,177 \text{ кВт}$$

де $\eta_{привода} = \eta_{редуктора} \cdot \eta_{лан.} \cdot \eta_{мал.} \cdot \eta_{п.} \cdot \eta_{п.} = 0,95 \cdot 0,97 \cdot 0,75 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,677$;

$\eta_{редуктора}$. – ККД мотор-редуктора (0,95)

$\eta_{лан.}$ – ККД ланцюгової передачі (0,97) ;

$\eta_{мал.}$ – ККД мальтійського механізму (0,75);

$\eta_{п.}$ – ККД пари підшипників (0,99) ;

$$M_{кр.} = \frac{30 \cdot N_{np.}}{\pi \cdot n} = \frac{30 \cdot 0,177 \cdot 100}{3,14 \cdot 4,4} = 38,4$$

Вибираємо для привода мотор-редуктор ЗМП-25 ГОСТ 15150-69, електродвигун АИР56А4 з потужністю $N=0,12$ кВт з частотою обертання

$n=4,4\text{об/хв}$. І допустимим крутним моментом на вихідному валу

$$M_{кр.} = 90\text{Н} \cdot \text{м}$$

Як видно з розрахунків вибраний типу двигуна задовольняє поставлену мету.

Обраховуємо потужності на окремих валах машини :

$$N_1 = N_{двигуна} = 0,12(\text{кВт});$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{редуктора} = 0,12 \cdot 0,95 = 0,114(\text{кВт});$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{лан.} = 0,114 \cdot 0,97 = 0,110(\text{кВт});$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{п.} \cdot \eta_{мал} = 0,110 \cdot 0,99 \cdot 0,75 = 0,081(\text{кВт});$$

Обраховуємо частоту обертів окремих валів машини:

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 4,4(\text{об / хв}); \quad n_2 = \frac{n_1}{i_{лан}} = \frac{4,4}{1,03} = 4,3(\text{об / хв});$$

$$n_3 = n_2 = 4,3(\text{об / хв}); \quad n_4 = \frac{n_3}{i_{мал}} = \frac{4,3}{0,33} = 1,4(\text{об / хв})$$

Визначаємо кутові швидкості на окремих валах машини.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 4,4}{30} = 0,46(\text{рад / с}) \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{лан}} = \frac{0,46}{1,03} = 0,44(\text{рад / с})$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 0,44(\text{рад / с}) \quad \omega_4 = \frac{\omega_3}{i_{мал.}} = \frac{0,44}{0,33} = 1,4(\text{рад / с})$$

Обраховуємо крутні моменти на окремих валах привода :

$$T_4 = \frac{T}{\eta_{мал} \cdot \eta_{під} \cdot i_{мал}} = \frac{90}{0,75 \cdot 0,99 \cdot 0,33} = 21,6(\text{Н} \cdot \text{м}) \quad T_3 = \frac{T_4}{\eta_{під}} = \frac{21,6}{0,99} = 21,8(\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_{лан} \cdot i_{лан.}} = \frac{21,8}{0,95 \cdot 1,03} = 22,3(\text{Н} \cdot \text{м}) \quad T_1 = T_2 = 22,3(\text{Н} \cdot \text{м})$$

Для подальшої зручності використання всі отримані дані зводимо в таблицю

Таб. 4.2. Таблиця отриманих значень

	Потужність N,Вт	Частота обертання n,об/хв	Кутові швидкості, рад/с	Крутний момент Т, Н·м	Передаточне число
I	0,12	4,4	0,46	22,3	
II	0,114	4,3	0,44	22,3	1,03
III	0,110	4,3	0,44	21,8	
IV	0,081	1,4	0,14	21,6	0,33

Визначаємо загальну кількість годин роботи приводу

$$\sum t = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot k_{\text{річ}} \cdot k_{\text{доб}},$$

де $c=8$ -кількість годин у зміні.

$$\sum t = 8 \cdot 8 \cdot 365 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,88 = 15417 \text{ годин}$$

$$t_{\text{екв}} = t_{\Sigma} \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_i}{T_H} \right)^3 \frac{t_i}{t_H} \quad t_{\text{екв}} = 23126 (1^3 \cdot 0,4 + 0,7^3 \cdot 0,4 + 0,47^3 \cdot 0,2) = 12903 \text{ год.}$$

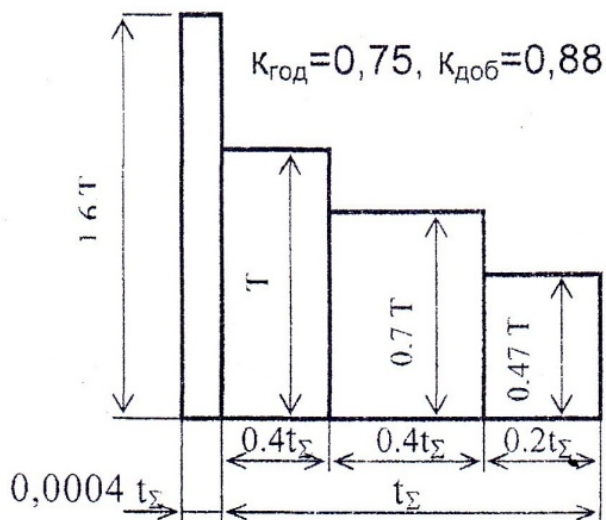


Рис.4.4. Графік навантаження
приводу апарата

Розрахунок ланцюгової передачі.

Вихідні дані: номінальна потужність $N_1=0,12\text{кВт}$; частота обертання $n_1 = 15$ об/хв; передаточне число $u = 4$.

1. Обираємо ланцюг приводний роликів однорядний за ГОСТ 13568-75. Визначаємо крок ланцюга за формулою:

$$t \geq 2.83 \sqrt{\frac{T_1 \cdot K_E}{z_1 \cdot [p] \cdot m}},$$

де T_1 — крутний момент на валу меншої зірочки, Н·мм,

z_1 — число зубців меншої зірочки,

$[p]$ — питомий тиск на одиницю опорної поверхні шарніру, МПа,

m — кількість рядів ланцюга,

K_E — коефіцієнт, який враховує умови монтажу та експлуатації ланцюгової передачі, дорівнює:

$$K_E = k_D \cdot k_a \cdot k_n \cdot k_p \cdot k_{cm} \cdot k_n,$$

де k_D — динамічний коефіцієнт,

k_a — коефіцієнт, який враховує вплив міжосьової відстані,

k_n — коефіцієнт, який враховує вплив нахилу ланцюга,

k_p — коефіцієнт, який враховує спосіб регулювання натягу ланцюга,

k_{cm} — коефіцієнт, який враховує спосіб змащення ланцюга,

k_n — коефіцієнт, який враховує періодичність роботи передачі.

$$K_E = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.25 \cdot 1.4 \cdot 1 = 1.75$$

Число зубців меншої зірочки попередньо приймаємо 15, тоді

$$z_2 = z_1 \cdot u = 15 \cdot 4 = 60$$

Приймаємо орієнтовно $[p] = 5$ Па

2. Знаходимо крок ланцюга:

$$t \geq 2.83 \sqrt{\frac{22,3 \cdot 1,75}{13 \cdot 20 \cdot 1}} = 11$$

Приймаємо ланцюг з кроком $t = 12,7$ мм, проекція опорної поверхні шарніру $A_{on} = 39,6 \text{ мм}^2$, руйнівне навантаження $Q = 18,2$ кН, $q = 0,75$ кг/м.

3. Визначаємо кількість ланок ланцюга.

Знаходимо сумарну кількість зубців:

$$z_{\Sigma} = z_1 + z_2 = 13 + 41 = 54$$

Міжосьова відстань:

$$a = 562 \text{ мм} \quad \text{Поправка } \Delta = \frac{z_2 - z_1}{2\pi} = \frac{52 - 13}{2 \cdot 3,14} = 6,2$$

$$a_t = \frac{a}{t} = \frac{562}{12,7} = 44,3$$

$$L_t = 2a_t + 0,5z_{\Sigma} + \frac{\Delta^2}{a_t} = 2 \cdot 44,25 + 0,5 \cdot 54 + \frac{6,2^2}{12,7} = 117$$

Приймаємо міжосьову відстань $L_t = 118$

4. Уточнюємо міжосьову відстань передачі:

$$a = 0,25t \left[L_t - 0,5z_{\Sigma} + \sqrt{(L_t - 0,5z_{\Sigma})^2 - 8\Delta^2} \right] =$$

$$= 0,25 \cdot 12,7 \left[118 - 0,5 \cdot 62 + \sqrt{(118 - 0,5 \cdot 62)^2 - 8 \cdot 4,5^2} \right] = 550$$

Натяжний пристрій повинен забезпечити можливість змінити міжосьову відстань в наступному діапазоні:

$$\Delta_a = 550 \cdot 0,004 \approx 4 \text{ мм}$$

5. Визначаємо діаметри ділільних кіл зірочок:

$$d_{D1} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} = \frac{12,7}{\sin \frac{180^\circ}{13}} = 61 \text{ мм}$$

$$d_{D2} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_2}} = \frac{12.7}{\sin \frac{180^\circ}{52}} = 125.5 \text{ мм}$$

7. Визначаємо діаметри зовнішніх кіл зірочок :

$$d_{e1} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{z_1} + 0.70 \right) - 0.31d_1 = 12.7 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{13} + 0.70 \right) - 0.31 \cdot 8.5 = 80 \text{ мм}$$

$$d_{e2} = t \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{z_2} + 0.70 \right) - 0.31d_1 = 12.7 \left(\operatorname{ctg} \frac{180}{52} + 0.70 \right) - 0.31 \cdot 8.5 = 168 \text{ мм}$$

де d_1 — діаметр ролика ланцюга, $d_1 = 8,5$ мм

8. Сили, які діють на ланцюг :

$$\text{колова} \quad F_t = \frac{N}{v} = \frac{1086}{0.3} = 3620 \text{ Н},$$

$$\text{відцентрова} \quad F_v = qv^2 = 0.75 \cdot 0.3^2 = 0.06 \text{ Н},$$

$$\text{від провисання ланцюга} \quad F_f = 9.81 k_f q a = 9.81 \cdot 3 \cdot 0.75 \cdot 0.4 = 10 \text{ Н},$$

де k_f — коефіцієнт, який враховує розташування ланцюга,

9. Розрахункове зусилля на валу :

$$F = F_t + 2 \cdot F_f = 3620 + 2 \cdot 10 = 3640 \text{ Н}$$

Розрахунок мальтійського механізму приводу вакуум-камери.

Необхідно: Підібрати мальтійський механізм для періодичного обертання ротора апарату і визначити його геометричні, кінематичні і динамічні характеристики.

Вихідні дані: $t_B = 41$ с; тривалість кінематичного циклу $T_K = 45$ с; момент опору на мальтійському хресті приймаємо $M_c = 140$ Н·м.

Визначення типу мальтійського механізму. Коефіцієнт інтервалів:

$$K = \frac{T_K - t_B^*}{t_B^*} = \frac{45 - 41}{41} = 0,1 \quad ;$$

В відповідності з табличними даними таку величину K має одноповодковий правильний симетричний мальтійський механізм з зовнішнім зачепленням і числом пазів $z=4$.

Так як час кінематичного циклу водила заданий, знаходимо кутову швидкість водила з врахуванням залежності :

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi}{S \cdot T} = \frac{2 \cdot 3.14}{1 \cdot 41} = 0,154 \text{ с}^{-1}$$

тут, S – кількість водил.

Визначаємо максимальне кутове прискорення хреста для кожного з механізмів по формулі:

$$\varepsilon_{3 \max} = \varepsilon_{3 \max}^* \cdot \omega_1^2 = 0,444 * 0,154^2 = 0,01 \text{ с}^{-2}$$

де, $\varepsilon_{3 \max}^*$ - максимальне значення аналога кутового прискорення, яке залежить лише від кількості пазів.

Кут повороту хреста:

$$\varphi_d = \frac{2 \cdot 180}{4} = 90^\circ$$

Геометричний параметр мальтійського механізму відповідно до виразу рівний:

$$\lambda = \sin\left(\frac{180}{z}\right) = \sin\left(\frac{180}{4}\right) = 0,708$$

Кут робочого повороту водила відповідно до виразу рівний:

$$\varphi_p = \pi - \varphi_d = \frac{\pi(z-2)}{z} = \frac{180(4-2)}{4} = 90^\circ$$

Кут холостого повороту водила відповідно до виразу рівний:

$$\varphi_p = \pi + \varphi_x = \frac{\pi(z+2)}{z} = \frac{180(4+2)}{4} = 270^\circ$$

Кут, при якому кутове прискорення хреста досягне максимального значення, відповідно до виразу рівний:

$$\begin{aligned} \varphi_0 &= \arccos \left[\frac{-(1 + \lambda^2) + \sqrt{(1 + \lambda^2)^2 + 32 \cdot \lambda^2}}{4 \cdot \lambda} \right] = \\ &= \arccos \left[\frac{-(1 + 0,708^2) + \sqrt{(1 + 0,708^2)^2 + 32 \cdot 0,708^2}}{4 \cdot 0,708} \right] = 23^\circ 08' \end{aligned}$$

Максимальне значення аналога кутового прискорення на основі формули (48 [1]) буде рівно:

$$\varepsilon_{3\max}^* = \frac{\lambda \cdot (1 - \lambda^2) \cdot \sin \varphi}{(1 - 2 \cdot \lambda \cdot \cos \varphi + \lambda^2)^2} = \frac{0,708 \cdot (1 - 0,708^2) \cdot \sin 23^\circ 08'}{(1 - 2 \cdot 0,708 \cdot \cos 23^\circ 08' + 0,708^2)^2} = 0,352$$

Здійснюємо фіксацію мальтійського хреста геометричним способом за допомогою фіксатора та замикача.

Діаметр вала хреста по залежності з врахуванням змінного навантаження та малих згинаючих моментів рівний:

$$d_3 = 0,0052 \cdot \sqrt[3]{M_c} = 0,0052 \cdot \sqrt[3]{50} = 0,0193 \text{ м}$$

З врахуванням того, що вал буде послаблений отвором під шпоночний паз, приймаємо його діаметр $d_3 = 0,025 \text{ м} = 25 \text{ мм}$.

Діаметр вала водила відповідно до виразу рівний:

$$d_1 = 0,0052 \cdot \sqrt[3]{B_1 \cdot M_c} = 0,0052 \cdot \sqrt[3]{0,35 \cdot 50} = 0,0136 \text{ м}$$

тут, B_1 – коефіцієнт, який залежить від кількості пазів (для чотирьох фазового хреста $B_1=0,35$).

Враховуючи вище сказане, приймаємо $d_1 = 0,030 \text{ м} = 30 \text{ мм}$.

Діаметр ступиці водила і хреста приймаємо конструктивно рівним $d_{c1} = 40 \text{ мм}$
 $d_{c3} = 60 \text{ мм}$. Довжину кожної ступиці приймаємо рівною

$$l = (1.5 \div 2.0)d_1 = 1,8 \cdot 30 = 54 \text{ мм}$$

Орієнтовно діаметр ролика приймаємо рівним $d_p = 15 \text{ мм}$.

Радіус водила відповідно до виразу :

$$r_1 \geq 0.708 \cdot d_{c1} + 0.708 \cdot d_p = 0.708 \cdot 40 + 0.708 \cdot 15 = 38,9 \text{ мм}$$

Приймаємо радіус водила $r_1 = 45 \text{ мм}$.

Радіус хреста відповідно до виразу :

$$r_3 = \frac{r_1}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{z}\right)} = \frac{0,045}{\operatorname{tg}\left(\frac{180}{4}\right)} = 0,045 \text{ м}$$

База механізму з умов :

$$l_4 > (r_1 + 0.708 \cdot d_p + 0.708 \cdot d_{c3})$$

$$l_4 > (r_3 + 0.708 \cdot d_{c1})$$

тобто

$$l_4 > (0.045 + 0.708 \cdot 0.015 + 0.708 \cdot 0.04) = 0.084 \text{ м}$$

$$l_4 > (0.045 + 0.708 \cdot 0.06) = 0,0876 \text{ м}$$

Згідно залежності база механізму:

$$l_4 = \frac{r_1}{\lambda} = \frac{0,045}{0,708} = 0,0628 \text{ м}$$

Приймаємо $l_4 = 120 \text{ мм}$.

Радіус кола розташування отворів під пази відповідно до виразу :

$$r_n > l_4 - r_1 = 120 - 45 = 75 \text{ мм}$$

Приймаємо радіус кола розташування отворів $r_n = 75$ мм.

Приймаємо, що хрест та ролик виготовлені з сталі 45 з наступним її покращенням.

Допустиме напруження при контактній міцності по додатку 4 рівне 600 МПа, а модуль повздовжньої пружності по додатку 3 рівний $2 \cdot 10^5$ МПа.

Визначаємо ширину ролика (хреста) відповідно до виразу :

$$b = \frac{0,35 \cdot B_2 \cdot E_{\text{пр}} \cdot M_c}{r_1 \cdot d_p \cdot [\sigma_H]^2},$$

тут, B_2 – коефіцієнт, який залежить від кількості пазів хреста (при $z=4$ - $B_2=0,45$);

$E_{\text{пр}}$ – приведений модуль пружності матеріалів хреста та ролика (додаток 3 :

$$E_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot E_2 \cdot E_3}{E_2 + E_3} = \frac{2 \cdot (2 \cdot 10^5)^2}{(2 + 2) \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

тут, E_2, E_3 – відповідно модулі пружності відповідно хреста та ролика, МПа;

$$b = \frac{0,35 \cdot 0,45 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 140 \cdot 10^3}{45 \cdot 15 \cdot 600^2} = 18 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину ролика $b=18$ мм, а ширину хреста 18 мм. Діаметр хвостовика вісі ролика по умові , якщо прийняти $[\sigma_H]=140$ МПа (сталь марки Ст 2):

$$d_x = \sqrt[3]{\frac{B_2 \cdot M_c \cdot b}{0,2 \cdot r_1 \cdot [\sigma_H]}} = \sqrt[3]{\frac{0,45 \cdot 140 \cdot 10^3 \cdot 18}{0,2 \cdot 45 \cdot 140}} = 10 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр хвостовика $d_x=10$ мм, а діаметр цапфи $d_{\text{ц}}=12$ мм.

Розміри елементів механізму (штифтів, болтів, шпонок і ін.), які не були визначені в даному розрахунку, приймаємо конструктивно.

Розділ 5. Правила монтажу та обслуговування апарату для вакуум-випарного охолодження

5.1. Експлуатація апарату для вакуум-випарного охолодження

Правила технічної експлуатації апарату для вакуум-випарного охолодження включають: забезпечення відповідних зовнішніх умов його роботи (відповідність приміщень, належний стан, температура, вологість, чистота повітря та інше).

Основні правила експлуатації апарату для вакуум-випарного охолодження:

- забезпечення відповідного належного стану робочого місця;
- своєчасне і правильне змащування устаткування;
- підтримка устаткування в чистоті,
- дотримання режимів роботи механізмів (навантаження силові, швидкісні, теплові та інші) в допустимих межах;
- виконання правил управління апаратом (пуск, експлуатація, зупинка);
- виконання заходів передбачених системою планового технічного обслуговування та ремонту устаткування.

Нагляд за технічним станом устаткування на підприємстві виконує відділ головного механіка, який крім контролю умови експлуатації, готує пропозиції, технічну документацію для покращення стану устаткування. При незадовільному стані обладнання, невірній експлуатації або порушенні графіків планово запобіжного ремонту обладнання інспекторська служба відділу головного механіка має право зупиняти машини і агрегати.

Робітник (оператор) повинен знати будову, конструкцію і взаємодію основних механізмів та частин апарату, підтримувати в відповідному стані робоче місце, вміти регулювати апарат, виконувати його дрібний ремонт. Від знання і виконання правил експлуатації обладнання кожним робітником, залежить технічний стан апарату для охолодження. Для збереження працездатності апарату велике значення має догляд за ним. Належний

догляд дозволяє значно збільшити термін його служби до наступного ремонту.

До початку роботи робітник зобов'язаний оглянути апарат, перевірити його робочий стан, оглянути місця змащування та перевірити наявність в них мастила.

При виявленні будь-яких неполадок або несправностей робітник доповідає про них майстру.

На протязі робочої зміни необхідно виконувати змащення всіх місць, вказаних картою змащення даного апарату.

5.2 Монтаж апарату для вакуум-випарного охолодження

Виробничий процес монтажу обладнання це сукупність операцій, в результаті яких вихідні вироби машинобудування перетворюються в змонтований агрегат. Виробничий процес монтажу полягає в установці на фундамент (або без нього) апарату для вакуум-випарного охолодження та мотор-редуктора до нього. Апарат для вакуум-випарного охолодження надходить на монтаж в зібраному вигляді та встановлюється на фундамент, що попередньо підготовлений і фіксується гайками з шайбою до анкерних болтів. Потім на спеціально підготовленому фундаменті встановлюють мотор-редуктор.

Перед пуском апарату перевіряють затяжку болтових з'єднань: приводу мотор-редуктора, перевіряють міцність кріплення підшипників; змащують всі необхідні органи та вузли машини; встановлюють захисне огороження приводу і надійно його кріплять; роблять перевірку натягу приводних механізмів приводу барабану. Вручну виконують перевірку, чи вільно обертаються ротор. При підключенні мотор-редуктора необхідно перевірити напрямок обертання ротора. Потім вмикають обладнання на холостому ході, короткочасно натискаючи на кнопку "Пуск". При роботі устаткування не повинно бути сторонніх звуків, вібрації. Потім апарат короткочасно прокручують і в разі нормальної роботи обладнання ставлять на обкатку без

навантаження протягом 2-3 годин. Після пробного пуску та усунення помічених недоліків приступають до експлуатації.

5.3. Ремонт апарату для вакуум-випарного охолодження

Під час роботи апарату для вакуум-випарного охолодження потрібно слідкувати за характером його роботи, а саме: слідкувати за температурою підшипників; при появі стороннього шуму в працюючому механізмі необхідно зупинити устаткування і за необхідності провести необхідне регулювання. При незначних пошкодженнях, що не викликають простою, потрібно замінити пошкоджену деталь в найкоротший термін. Ремонт та технічне обслуговування полягає у комплексі заходів по підтриманню справності обладнання при його експлуатації за призначенням, зберіганні та транспортуванні. Технічне обслуговування апарату для вакуум-випарного охолодження під час його використання за призначенням виконується відповідно до інструкції по експлуатації, розробленої заводом-виробником. У комплекс робіт по ремонту та технічному обслуговуванню апарату для вакуум-випарного охолодження, що знаходиться в експлуатації, входять: технічний огляд, а вразі виявлення несправності ремонт обладнання. Технічний догляд, що включає роботи по дотриманню правил пуску, експлуатації та зупинки обладнання, своєчасне змащення окремих вузлів, підтримка належного санітарного стану робочого місця тощо. На кожному робочому місці має бути інструкція технічного догляду за агрегатом. Технічний догляд виконується операторами та іншими робітниками, які безпосередньо працюють на апараті для вакуум-випарного охолодження. Технічний нагляд виконується бригадою ремонтників у складі чергових слюсарів, електриків, мастильників та інших. При технічному нагляді виконуються роботи, без яких неможлива нормальна експлуатація обладнання між плановими ремонтами.

До таких робіт відносяться: регулювання окремих механізмів, підтягування різьбових з'єднань, догляд за арматурою.

Більшість таких робіт виконується за потребою відповідно до інструкцій по експлуатації. Підвищення якості обслуговування, постійний контроль за експлуатацією обладнання дозволяють зменшити кількість позапланових ремонтних робіт.

До виробничого процесу ремонту апарату для вакуум-випарного охолодження входять основні технологічні процеси: очищення, миття, розбирання, контроль-сортування, ремонт і відновлення деталей та спряжень, комплектування, складання, обкатка та інше, а також підготовчі та супутні процеси: матеріально-технічне постачання, забезпечення функціонування верстатного та іншого обладнання, доставка і відправлення об'єктів, що ремонтуються (при умові транспортування об'єктів ремонтним підприємством), та інше.

Перед ремонтом апарату для вакуум-випарного охолодження необхідно провести огляд під час якого, а також на основі аналізу записів в журналі механіка та слюсарів-ремонтників виявити всі дефекти. До початку ремонту готують змінні деталі та інструменти.

Перед ремонтом апарату і його розбиранням, обладнання від'єднують від електромережі, технологічних комунікацій, від'єднують привід, з резервуарів системи мащення зливають мастило.

Основні правила розбирання апарату для вакуум-випарного охолодження:

- До початку розбирання апарату необхідно визначити порядок розбирання, для чого ознайомитись з технічним паспортом, кінематичною схемою, кресленнями основних деталей, та скласти план розбирання по одному із методів: послідовному чи паралельно-послідовному;

- розбиранню підлягає лише ті вузли або механізми, які потребують ремонту (повне розбирання виконується лише при капітальному ремонті);
- в процесі розбирання виконується та складається відомість дефектів;
- розбирання апарату починають із зняття кожухів, кришок, запобіжних щитків, які необхідно зняти, щоб забезпечити доступ до вузла, що підлягає розбиранню;
- для полегшення розбирання спряжень, потрібно користуватись спеціальними пристроями, знімачами, інструментами та спеціальними механізмами.

Розділ 6. Заходи з охорони праці

14 жовтня 1992 року були прийняті Закон України "Про охорону праці" і "Кодекс законів про охорону праці". З 1 січня 2003 року діє новий Закон України "Про охорону праці" з поправками та корективами, метою яких є врегулювання та встановлення відповідних умов праці персоналу.

На будь-якому підприємстві передбачено проведення інструктажів з техніки безпеки.

Існують такі види інструктажів:

- вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками які прийняті на роботу. Проводить інженер по ОП або людина, призначена наказом для проведення цієї роботи.
- первинний інструктаж проводиться на робочому місці до початку роботи з новоприйнятим працівником або працівником, який буде виконувати нову для нього роботу. Проводить майстер чи керівник.
- періодичний інструктаж проводять на робочому місці із усіма працівниками.
- позаплановий інструктаж проводиться з працівниками на робочому місці або кабінеті охорони праці: при введенні в дію нових або змінених нормативних актів про ОП; при зміні технологічного процесу, зміні або модернізації устаткування; при перерві в роботі більше ніж на 30 днів; при порушенні працівником нормативних актів
- цільовий інструктаж проводять з працівниками : при виконанні разових робіт, при ліквідації наслідків аварії, при виконанні робіт, що оформляються нарядом-допуском.

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників проаналізуємо роботу обладнання розміщеного в цеху по виробництву галет. Умовні позначення нанесені на спрощену схему апарату для вакуум-випарного охолодження галет.

Апарат обслуговує оператор вакуум - камери – 1 чол.

На ділянці є такі небезпечні фактори: В – вібрація, Ш – шум, Е – електробезпека, М_Т - механічні травми.

На схемі позначені можливі фактори впливу на оператора:

- Е(1) - ураження струмом через електроприлади;
- Ш(1,5) – шум;
- В(2,6) – вібрація;
- М_Т-1 –механічні травми.

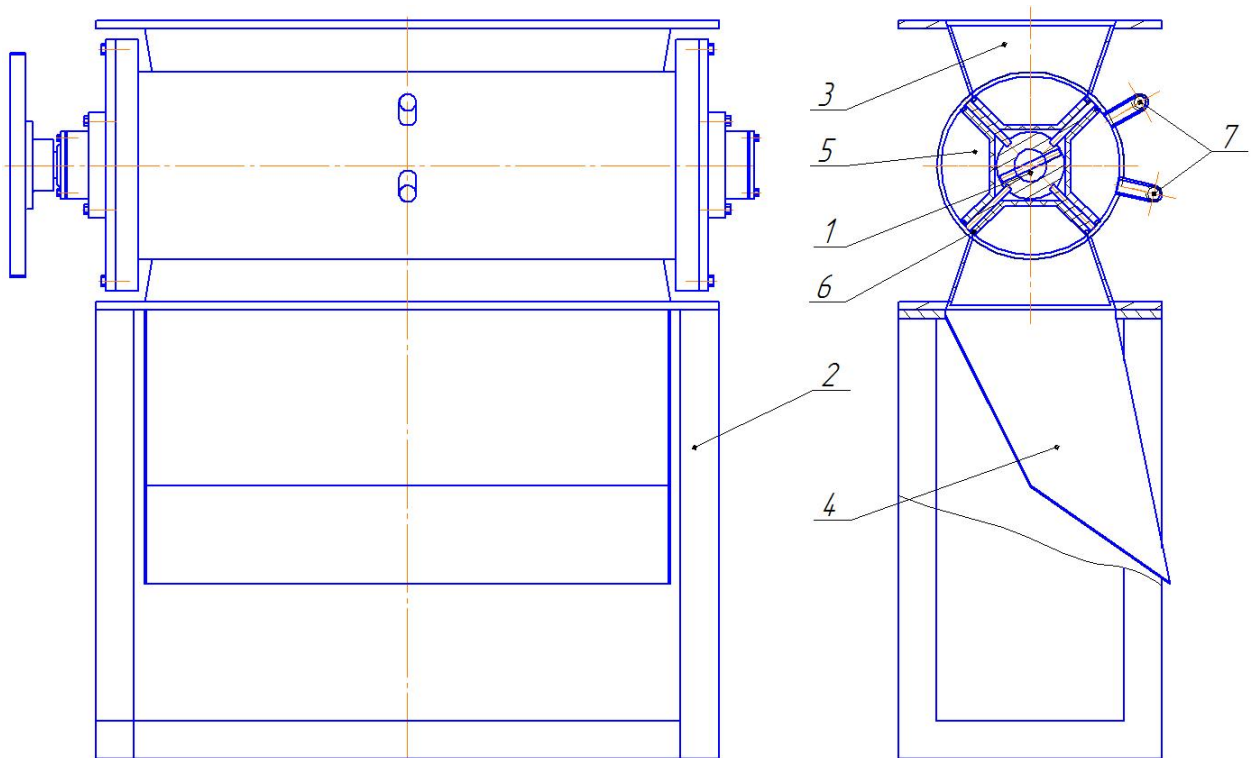


Рис 6.1. Схема апарата для вакуум-випарного охолодження

Ротор -1, рама - 2, приймальна воронка - 3, вихідна воронка – 4, робоча камера-5, ущільнювач - 6, патрубки вакуум-системи -7.

Метеорологічні умови

Нормальне теплове самопочуття людини під час виконання роботи може бути досягнуто за певної комбінації таких параметрів повітря: температури,

швидкості руху і відносної вологості. Значення цих параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття і найвищу працездатність людини, вважають оптимальними нормами мікроклімату.

Допустимі норми мікроклімату подані в таблиці.

Таблиця 6.1.

Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °C на робочих місцях				Відносна вологість φ, %	Швидкість руху повітря, м/с
		Верхня границя		Нижня границя			
		постійних	непостійних	постійних	непостійних		
Оператор вакуум-камери	IIa	Холодна пора року					
		25	26	22	20	75	Не більше 0,3
		Тепла пора року					
		26	28	25	22	65(при 26°C)	0,2-0,4

Нормовані параметри мікроклімату встановлюються з урахуванням наявних теплових надлишків залежно від періоду року і категорії робіт за енерговитратами.

У виробничих приміщеннях передбачено вологе прибирання.

Загазованість

При роботі апарату для вакуум-випарного охолодження, виділяється певна кількість водяної пари, але її концентрація незначна, тому

загазованість не нормується.

Запиленість

Під час роботи апарату для вакуум-випарного охолодження в повітря пил не потрапляє.

Шум

Джерелом шуму при роботі апарату для вакуум-випарного охолодження є робота вакуумного насоса, але рівень шуму в дільниці не перевищує нормативний.

Перевірка шуму та вібрації на робочих місцях повинна проводитись не рідше одного разу на рік, постійних робочих місць і робочих зон у виробничих приміщеннях становить 80 дБ

Допустимі норми шуму для вибраних професій подано в таблиці

Таблиця 6.2.

№ п/п	Робочі місця	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньо-геометричними частотами (Гц)									Рівень звук у, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Оператор апарату для вакуум-випарного охолодження	100	95	90	84	79	78	75	74	72	80

Найбільш раціональним методом боротьби з шумом є зменшення його в джерелах виникнення. З цією метою приймаються наступні заходи:

- звукоізоляція огорожувальних конструкцій;
- по можливості замінюються ударні взаємодії деталей на без ударні;
- своєчасна заміна підшипників;
- змазка ударних деталей в'язкими рідинами.

Вібрація

Вібрація буває локальна і загальна. Обладнання цеху не потребує постійного ручного керування або безпосереднього контакту з людиною тому воно створює загальну технологічну вібрацію, що передається на фундамент або підлогу, а через підлогу діє на людину. В нашому випадку загальну технологічну вібрацію, що передається на фундамент тобто на підлогу створює апарат для вакуум-випарного охолодження.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1012-90.ССТБ. «Вибрационная безопасность. Общие требования» забороняється:

1. Застосування обладнання та інструментів з параметрами вібрації, що не перевищують ГОСТ 12.1.012-90.
2. Застосування зниження рівня вібрації шляхом переводу енергії механічного коливання в інші види енергії, найчастіше в теплову.

Випромінювання

Апарат для вакуум-випарного охолодження не являється джерелом будь-якого випромінювання.

Освітлення

На території ділянки з апаратом для вакуум-випарного охолодження застосовується два види освітлення – природне (комбіноване) і штучне, яке відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Природне освітлення забезпечується через великі вікна. З часом через забрудненість і запиленість скла ефективність природного освітлення знижується до 25...35%. Також велике значення для природного освітлення мають чистота і кольорове оздоблення стін та стелі приміщення. Тому необхідно не рідше, як два рази на рік очищати скло і один раз на рік білити стіни і стелю.

Штучне освітлення утворюється штучними джерелами світла і розподіляється на робоче, аварійне та охоронне. Типи світильників вибрані у відповідності з характеристикою і призначенням приміщень. Розміщення

світильників рівномірне по всій площині цеху. Очищення світильників повинен робити електрик 1 раз на місяць. Контроль за освітленістю потрібно проводити не рідше ніж один раз на три місяці. Включення загальної системи - централізоване. Штучне освітлення представлене люмінесцентними лампами, які встановлені поблизу робочих місць.

Люмінесцентне освітлення цеху 200 лк.

На території дільниці передбачено аварійне освітлення. Воно виконується для забезпечення безпечного перебування обслуговуючого персоналу в цеху, а також для евакуації людей, у випадку вимикання робочого освітлення. На світильниках аварійного освітлення нанесено відрізняючий знак ПУЕ. Норма аварійного освітлення 75 лк.

Для проведення ремонтних робіт проведено мережу ремонтного освітлення. Мережа ремонтного освітлення працює при напрузі 36 В. Живлення здійснюється від понижуючих трансформаторів.

Для оператора апарату для вакуум-випарного охолодження наводимо норми штучного освітлення робочого місця.

Таблиця 6.3.

Професія	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк	
				Комбінована: Газорозрядні лампи.	Загальна: Газорозрядні лампи.
				Лампи розжарювання	Лампи розжарювання
Оператор апарату для вакуум-	Малої точності	V	в	400	200/150

випарног о охолодже ння					
----------------------------------	--	--	--	--	--

Розміщення та безпечна експлуатація технологічного обладнання

При розміщенні обладнання дотримані вимоги по ширині проходів між обладнанням та будівельними конструкціями, які становлять не менше 1 м. І забезпечують безпечний рух людей та вільний доступ до обладнання.

Всі рухомі та струмоведучі частини та частини обладнання, що обертаються – огорожені.

Передбачено блокування огорожуючих частин з приводом. Блокування забезпечує відключення електродвигуна при знятті огороження.

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Територія ділянки сушіння з вакуум-камерою, що знаходиться в складі хлібозаводу, відповідає СНиП 2.09.04-87, СНиП II-МЗ-68. На хлібозаводі для забезпечення санітарно-гігієнічних норм передбачені такі побутові приміщення: роздягальні, душові, санвузли, кімната відпочинку, приміщення для прання спецодягу.

Побутові приміщення розміщуються в одній будівлі з виробничим і забезпечуються припливно-витяжною вентиляцією. В адміністративному приміщенні хлібозаводу розміщені медпункт та пункт громадського харчування.

Виходячи з нормативних даних для ділянки, потрібно передбачити: гардеробну з індивідуальною шафою для кожного працівника (на два відділення кожна). До гардеробних мають примикати душові з двома душовими відділеннями кожна. У гардеробних мають бути встановлені по одному умивальнику. Вбиральня може бути одна для чоловіків і жінок, але з тамбуром, що закривається, та умивальником.

Електробезпека

Дільниця апарату для вакуум-випарного охолодження по небезпеці ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) відноситься до категорії з підвищеною безпекою.

Відповідно проводиться вибір типу і виконання електрообладнання та параметри його роботи.

Основними заходами електробезпеки є

- недоступність основних струмоведучих частин;
- заземлення всіх неструмоведучих елементів електрообладнання;
- захисне розділення мережі та швидкодіюче автоматично-захисне відключення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;
- використання захисних засобів і пристроїв;
- проведення ППР та профілактичних випробувань електричного обладнання;
- проведення організаційних мір по підприємстві (навчання, інструктажі, атестація);
- ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.
- блокувально-попереджувальна сигналізація з написами і плакатами;

Одним із основних засобів захисту від блискавки є блискавковідводи, які містяться на даху, сприймають удар блискавки і відводять струм блискавки в землю.

Пожежна безпека

1. Територія дільниці де розміщена апарату для вакуум-випарного охолодження, що входить до складу цеху по виробництву галет, по вибухопожежній безпеці згідно з нормами технологічного проектування ОНП 24-86 відноситься до категорії "В".

2. Ступінь вогнестійкості будівлі для основних цехів не повинен бути

нижче III згідно зі СНиП 2.01.02-85.

3. Згідно з ПУЕ клас приміщення та зони вибухо-пожежної небезпеки - В-Па.

4. Для своєчасного оповіщення про пожежу в цеху передбачена автоматична пожежна сигналізація. В якості автоматичних оповіщувачів прийняті теплові пожежні оповіщувачі ДСП-038. Для ліквідації пожежі в цеху є первинні засоби пожежогасіння. Це пожежні стволи разом з пожежними рукавами, внутрішні пожежні трубопроводи, вогнегасники, лопати, відра, сухий пісок, азбестові ковдри, а також інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

5. Розрахунок необхідної кількості води для трьох часового пожежогасіння.

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (n_1 + n_2)}{1000}, [M^3] \quad (8.1)$$

де: 3600 та 1000 – перевідні коефіцієнти відповідно години в секунди і літрів в м³.

n₁– витрата води на внутрішнє пожежогасіння, (n₁=5 л/с);

n₂– витрата води на зовнішнє пожежогасіння (n₂=30 л/с), виходячи з того що відділення пожежонебезпекою відноситься до категорії “Б”, ступінь вогнестійкості- “III”, та об’єм приміщення рівний

$$V_{\text{пр}} = L \cdot S \cdot H \quad (8.2)$$

де L- довжина; S- ширина; H- висота цеху;

$V_{\text{пр}} = 108 \cdot 54 \cdot 6 = 33056 \text{ м}^3$, то n₂=20л/с.

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 20)}{1000} = 270 [M^3]$$

Приймаємо об’єм резервуара для води 300 м³.

1. У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути не менше двох шляхів евакуації людей. Розташовують виходи з протилежних сторін будівлі або розосереджено. У разі потреби одним з

шляхів евакуації може бут вікно з пожежною драбиною або східцями, що ведуть на зовнішнє подвір'я.

Техніка безпеки технологічного обладнання

Кожен працівник при обслуговуванні обладнання повинен дотримуватись правил техніки безпеки:

- перед початком роботи потрібно перевірити своє робоче місце, справність обладнання, наявність і справність захисних огорожень, блокувальних пристроїв, інструменту заземлення;

- проводити зачистку, змащення, ремонт машини чи окремої, частини обладнання можна тільки при повній зупинці машини, надійному її відключенні та вивішуванні на пусковому пристрої таблички “Не вмикати! Працюють люди ”.

- працювати тільки на справному обладнанні та механізмах. Перед пуском обладнання чи механізму потрібно впевнитися, що пуск його в роботу нікому не загрожує;

- при обслуговуванні обладнання, яке працює з високими температурами (піч) уникати контакту з гарячими частинами механізму;

- якщо під час роботи у механізми, що рухаються, потрапив сторонній предмет, вилучати його на ходу забороняється. Потрібно негайно зупинити механізми і повільно обертаючи деталі механізму ручним способом, вилучити затягнутий предмет. Забороняється торкатися до частин механізму, які рухаються, або спиратися на них;

- не дозволяється допускати на своє робоче місце осіб, які не мають відношення до даної роботи, доручати працююче обладнання іншому працівнику;

- робоче місце потрібно утримувати у чистоті і порядку. Не дозволяється захаращувати місце і проходи готовою продукцією,

матеріалами, відходами.

Пропозиції щодо покращення умов праці

1. Передбачити додаткові огорожі біля небезпечних рухомих частин обладнання.
2. Впровадження технічних засобів захисту від ураження електрострумом.
3. Впровадження централізованого контролю, систем колективного захисту, дозволить зменшити причини виникнення будь-яких травматичних ситуацій на виробництві.
4. Забезпечення оптимального мікроклімату приміщення, за допомогою введення додаткових систем кондиціонування в цеху.
5. Організація кабінетів по техніці безпеки, лабораторій та проведення щоквартальних занять з персоналом по профілактиці техніки безпеки.

Розділ 7 Техніко-економічний розрахунок впровадження апарату для вакуум-випарного охолодження галет

Вихідні дані для розрахунку

Таблиця 7.1.

№	Показники	Одиниці виміру	Базовий варіант	Проектний варіант	Примітка
1	Виробнича потужність	т/добу	3,6	3,6	
2	Кількість діб роботи лінії на рік	дів	345	345	По даним заводу
3	Кількість змін роботи	змін	2	2	По даним заводу
4	Кількість працюючих на лінії в зміну	Чол.	9	6	
5	Соціальні витрати	%	38.08	38.08	
6	Амортизаційні відрахування	%	21.295	21.295	
7	Вартість 1 кВт енергії	грн	0.64	0.64	По даним заводу
8	Оптова відпускна ціна за одиницю продукції	грн/т	30000	30000	
9	Собівартість одиниці	грн/т	22408	16388	

	продукції				
10	Ремонтний фонд	%	6	6	По даним заводу
11	Витрати на охорону праці	%	8	8	По даним заводу

Порівняльно-цінова характеристика обладнання:

Таблиця 7.2.

№	Базовий	Ціна,грн	Проектний	Ціна,грн
1	Тістомісильна машина	950 000	Тістомісильна машина	950 000
2	Блок формування заготовко	330 000	Блок формування заготовко	330 000
3	Блок очищення листів	373 000	Блок очищення листів	373 000
4	Блок змащення листів	358 500	Блок змащення листів	358 500
5	Тунельна піч	3 750000	Тунельна піч	3 750000
9	Блок вивантаження з печі	345000	Блок вивантаження з печі	345000
10	Блок вилучення продукції з форми	490 000	Блок вилучення продукції з форми	490 000
11	Кулер для охолодження заготовок	1 320 000	Вакуум-камера	435110
	Загальна вартість	4 620	Загальна вартість	3 725

обладнання	680	обладнання	790
------------	-----	------------	-----

Дані табл.7.2 актуальні на 01.06.2020 р.

При впровадженні проектної лінії спостерігаємо економічну доцільність, оскільки заощаджуємо 884 890 грн. на устаткуванні.

Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання і монтаж базового обладнання:

Таблиця 7.3.

Обладнання	Ціна, грн	Супутні витрати				Всього, грн
		Транспортні 5%	Заготівельно-складські і 1.1%	Монтаж 8%	Проектні роботи 4%	
Тістомісильна машина	950 000	47500	10450	76000	38000	171950
Блок формування заготовко	330 000	16500	3630	26400	13200	59730
Блок очищення листів	373 000	18650	4103	29840	14920	67513
Блок змащення листів	358 500	17925	3943,5	28680	14340	64888,5
Тунельна піч	3 750000	187500	41250	300000	150000	678750

Блок вивантаження з печі	345000	17250	3795	27600	13800	62445
Блок вилучення продукції форми	490 000	24500	5390	39200	19600	88690
Кулер для охолодження	1 320 000	66000	14520	105600	52800	238920

Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання і монтаж проектного обладнання:

Таблиця 7.4.

Обладнання	Ціна, грн	Супутні витрати				Всього, грн
		Транспортні 5%	Заготівельно-складські 1.1%	Монтаж 8%	Проектні роботи 4%	
Тістомісильна машина	950 000	47500	10450	76000	38000	171950
Блок формування заготовко	330 000	16500	3630	26400	13200	59730
Блок очищення листів	373 000	18650	4103	29840	14920	67513
Блок змащення листів	358 500	17925	3943,5	28680	14340	64888,5

Тунельна піч	3 750000	187500	41250	300000	150000	678750
Блок вивантаження з печі	345000	17250	3795	27600	13800	62445
Блок вилучення продукції з форми	490 000	24500	5390	39200	19600	88690
Вакуум-камера	435110	21255,5	4676,21	34009	17004	76944,91

Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання і монтаж нового базового обладнання складає 5 632 338,25 грн, а проектного обладнання складає 4 580 200,5 грн. Отже, доцільніше встановлювати проектне обладнання, таким чином заощаджуючи 1 051 132,25 грн

Крім вартості обладнання необхідно враховувати витрати пов'язані з придбанням, монтажем контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматики, трубопровідними та іншими роботами.

Таблиця 7.5

Витрати на придбання і монтаж контрольно-вимірювальних приладів, засобів автоматики, трубопроводів та інші роботи у % від вартості технологічного обладнання:

Технологічне обладнання (базове)	%	Витрати, тис.грн.
----------------------------------	---	----------------------

Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматики	8.8	424 630
Трубопроводи	4.3	201 439
Кабельні розводи (силові)	0.5	23 115
Спеціальні роботи	1	56302
Металоконструкції для обладнання	1	56302
Всього		786834

Технологічне обладнання (проектне)	%	Витрати тис.грн.
Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматики	8.8	458500
Трубопроводи	4.3	229250
Кабельні розводи (силові)	0.5	23250
Спеціальні роботи	1	45850
Металоконструкції для обладнання	1	45850
Всього		677200

Для здійснення будівельно-монтажних робіт використовуються вже існуючі будівлі і споруди заводу, тому потреби у добудові, або будівництві нових споруд відпадає, розрахунки на ці види витрат відсутні.

Витрати на виробничий, господарський інвентар та інструменти – 1.5-4% від вартості обладнання відповідно для базового та проектного:

$$K_{інб} = B_i = \frac{K_{обл} \cdot \%B_i}{100} = \frac{5632680 \cdot 2}{100} = 112521 \text{ грн.}$$

$$K_{інп} = B_i = \frac{K_{обл} \cdot \%B_i}{100} = \frac{4580200 \cdot 2}{100} = 916015,2 \text{ грн.}$$

Розрахунок обсягу виробництва і реалізації продукції

Обсяг виробництва:

$$A = N_m \cdot F_{\max} \cdot K_{\text{вик}}$$

де: N_T – норма технічної продуктивності підприємства.

F_{\max} – максимальний фонд робочого часу підприємства.

$K_{\text{вик}}$ – коеф. використання потужності $K_{\text{вик}} = 0,9$

Базовий: $N_{T1} = 3,6$ т/доб

Проектний: $N_{T2} = 3,6$ т/доб

$F_{\max1} = F_{\max2} = 345$ діб – кількість робочих днів не змінюється.

Базовий:

$$A_1 = N_{m1} \cdot F_{\max1} \cdot K_{\text{вик1}} = 3.6 \cdot 345 \cdot 0.9 = 1118 \text{ т/рік}$$

Проектний:

$$A_2 = N_{m2} \cdot F_{max2} \cdot K_{вик2} = 3.6 \cdot 345 \cdot 0.9 = 1118 \text{ т/рік.}$$

Обсяг виробництва продукції у натуральному і вартісному виразі

Таблиця 5.6.

Вид розрахунку	Вид продукції	Річний виробіток т/рік	Оптова ціна грн./т.	Товарна продукція грн.
Базовий	Сухарні вироби	1118	30000	33125000
Проектний	Сухарні вироби	1118	30000	33125000

Розрахунок чисельності працюючих і фонду заробітної плати

В результаті реконструкції лінії по виробництву галет змінюються витрати на виробництво, а саме:

- Зменшується фонд заробітної плати;
- Зменшуються відрахування на заробітну плату;
- Зменшуються відрахування на соціальні потреби;
- Зменшуються відрахування у фонд охорони праці;

Дані для розрахунку фонду оплати праці

Таблиця 7.7.

Професії	Тістороб		Пекар		Оператор		Укладач тістових заготовок	
	Б	П	Б	П	Б	П	Б	П
Б – базовий П – проектний	2Б	П	2Б	П	3Б	4П	2Б	П
Кількість днів роботи підприємства на рік, діб	345		345	345	345	345	345	345
Тривалість робочої зміни, год.	12		12	12	12	12	12	12
Годинна тарифна ставка	19,7		22,6		19,7		17,5	
Тарифний розряд	4		5		4		3	

Стаття "Заробітна плата обслуговуючого персоналу"

$$ЗП = ТС \cdot Ч_{ПВП} \cdot N \cdot n \cdot ПР \cdot ДВД \cdot Т_{ЗМ}$$

$ТС$ – тарифна ставка;

$Ч_{ПВП}$ – чисельність промислово-виробничого персоналу;

N – кількість змін – 2 ;

$Т_{ЗМ}$ – час зміни – 12 год.

$ПР$ – премії – 50% від ФЗП

$ДВД$ – доплата за вихідні дні – 8% від ФЗП.

n – кількість днів роботи підприємства на рік – 345 днів.

Заробітна плата для тістороба:

Базовий: $ЗП_T = 19,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 264248$ грн.

Оскільки на лінії виробництва галет працює два тістороба, тому заробітна плата тісторобів:

528496 грн.

Заробітна плата для пекаря:

Базовий: $ЗП_P = 22,6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 303148$ грн.

Так, як на лінії працює два пекаря, тому їхня заробітна плата складатиме

606295 грн

Проектний: $ЗП_P = 22,6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 303148$ грн.

Заробітна плата для оператора:

Базовий: $ЗП_O = 19,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 264248$ грн.

Так, як на лінії працює три оператора, тому їхня заробітна плата складатиме

792744 грн

Проектний: $ЗП_O = 19,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 264248$ грн.

Так, як на лінії працює чотири оператора, тому їхня заробітна плата складатиме 1056992 грн

Заробітна плата для укладальника:

Базовий: $ЗП_Y = 17,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 234738$ грн.

Так, як на лінії працює два укладальника, тому їхня заробітна плата складатиме 469476 грн

Проектний: $ЗП_Y = 17,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12 = 234738$ грн.

Розрахунок зміни витрат за статтею "Відрахування у соціальні фонди"
(38.08%)

$$CB = \frac{ЗП \cdot \%CB}{100\%}$$

Для тістобобів:

$$\text{Базовий: } CB_T = 528496 \cdot 38,08/100 = 201252 \text{ грн.}$$

Для пекарів:

$$\text{Базовий: } CB_{П} = 606295 \cdot 38,08/100 = 230878 \text{ грн.}$$

$$\text{Проектний: } CB_{П} = 303147 \cdot 38,08/100 = 115439 \text{ грн.}$$

Для операторів:

$$\text{Базовий: } CB_0 = 792744 \cdot 38,08/100 = 301877 \text{ грн.}$$

$$\text{Проектний: } CB_0 = 1056992 \cdot 38,08/100 = 402503 \text{ грн.}$$

Для укладальників:

$$\text{Базовий: } CB_y = 469476 \cdot 38,08/100 = 178777 \text{ грн.}$$

$$\text{Проектний: } CB_y = 234738 \cdot 38,08/100 = 89388 \text{ грн.}$$

Розрахунок зміни витрат за статтею "Відрахування у фонд охорони праці" (8%):

$$OP = \frac{ЗП \cdot \%OP}{100\%}$$

Для тістобобів:

$$\text{Базовий: } OP_T = 528496 \cdot 8/100 = 42280 \text{ грн.}$$

Для пекарів:

$$\text{Базовий: } OP_{П} = 606295 \cdot 8/100 = 48504 \text{ грн.}$$

Проектний: $ОП_п=303148 \cdot 8/100=24252$ грн.

Для операторів:

Базовий: $ОП_о=792744 \cdot 8/100=63420$ грн.

Проектний: $ОП_о=1056992 \cdot 8/100=84560$ грн.

Для укладальників:

Базовий: $ОП_у=469476 \cdot 8/100=37558$ грн.

Проектний: $ОП_у=234738 \cdot 8/100=18779$ грн.

Річний фонд оплати праці

Таблиця 5.8.

Професії	Тістороб		Пекар		Оператор		Укладач	
Б – базовий								
П – проектний	2Б	П	2Б	П	3Б	4П	2Б	П
Річний фонд основної заробітної плати	236232	-	374256	187128	489348	652464	289800	144900
Премії	163107	-	185128	92564	2446617	3262156	144900	72450

Додатков а заробітна плата	39148	-	44911	22456	58722	78296	347760	173880
Річний фонд заробітно ї плати	528494	-	606295	303148	792744	1056992	469476	234738

Базовий: $ЗП_{\text{заг1}}=528494+606295+792744+469476=2397009$ грн.

Проектний $ЗП_{\text{заг2}}=303148+1056992+234738=1594878$ грн.

Рівень продуктивності праці (ПП) у грошовому виразі – це відношення товарної продукції (ТП) до середньо спискової чисельності промислово виробничого персоналу.

Визначаємо чисельність робітників:

$$C_{\text{СП}} = \frac{4 \cdot n \cdot \Phi \cdot T_{\text{ЗМ}}}{B \cdot T_{\text{ЗМ}} \cdot n} = \frac{4 \cdot \Phi}{B}$$

4 – чисельність робітників за зміну, чол..

n – кількість змін;

$T_{\text{ЗМ}}$ – тривалість зміни;

Кількість годин роботи на рік:

$$N=4 \cdot n \cdot \Phi \cdot T_{\text{ЗМ}}$$

Баланс робочого часу:

$$B=365-104-10=251 \text{ день}$$

104 – вихідні дні;

10 – святкові ;

Базовий: $C_{сп1}=9 \cdot 345/251=12,4$ чол. – $Ч_{ПВП1}$

Проектний: $C_{сп1}=6 \cdot 345/251=8,3$ чол. – $Ч_{ПВП2}$

Рівень продуктивності праці

$$ПП = \frac{ТП}{Ч_{ПВП}}$$

Базовий: $ПП_1=39123000/12,4=3162725$ грн/чол..

Проектний: $ПП_2=39123000/8,3=4747870$ грн/чол..

Зростання продуктивності праці на лінії за зміною обсягу виробництва:

$$ПП = \frac{A_2 \cdot Ч_{ПВП} \cdot 100}{A_1 \cdot (Ч_{ПВП} - (Ч_1 - Ч_2) \cdot \frac{Д}{Б})} - 100 = \frac{1118 \cdot 12,4 \cdot 100}{1118 \cdot (12,4 - (9 - 6) \cdot 251/251)} - 100 = 132,01 - 100 = 31,9\%$$

Розрахунок собівартості продукції

Розрахунок зміни витрат на електроенергію:

Базовий:

$$B_{ел} = ((N_{містоміс} \cdot K_{вик} + N_{ши} \cdot K_{вик} + N_{мсх} \cdot K_{вик} + N_{піч} \cdot K_{вик} + N_{кутер} \cdot K_{вик} + N_{торна} + N_{піч} \cdot K_{вик} + N_{упаковка} \cdot K_{вик}) \cdot K_{втр} \cdot K_{ч} \cdot T \cdot Ц_e) / K_{ко} =$$

$$= ((1,87 \cdot 0,9 + 1,5 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,9 + 13 \cdot 0,95 + 5 \cdot 0,9 + 6 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,9) \cdot 1,06 \cdot 0,85 \cdot 7920 \cdot 0,64) / 0,9 = 181715,50 \text{ грн}$$

Проектний:

$$B_{ел} = ((N_{ЗБФА} \cdot K_{вик} + N_{піч} \cdot K_{вик} + N_{хб} \cdot K_{вик} + N_{камер} \cdot K_{вик} + N_{упак} \cdot K_{вик}) \cdot K_{втр} \cdot K_{ч} \cdot T \cdot Ц_e) / K_{ко} =$$

$$= ((4 \cdot 0,9 + 13 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,9 + 3 \cdot 0,95 + 3 \cdot 0,95) \cdot 1,06 \cdot 0,85 \cdot 7920 \cdot 0,64) / 0,9 = 118234 \text{ грн}$$

Розрахуємо витрати електроенергії на 1 тонну продукції

Базовий:

$$V_{ел}^T = V_{ен} / Прод = 181715,5 / 900 = 201 \text{ грн/т}$$

Проектний:

$$V_{ел}^T = V_{ен} / Прод = 118234 / 900 = 131,43 \text{ грн/т}$$

де N - встановлена потужність машини, кВт;

$K_{вик}$ - коефіцієнт використання потужності електродвигуна -0,7-0,9;

$K_{втр}$ - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в електромережі заводу - 1,06;

$K_ч$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна в часі;

T- річний фонд роботи обладнання, год.;

Це - вартість 1 кВт-год електроенергії, грн;

$K_{кд}$ - коефіцієнт корисної дії електродвигуна - 0,9.

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

Амортизаційні відрахування:

$$A = \frac{V_{обл} \cdot \%A}{1,2 \cdot 100}$$

Базовий: $A_1 = 4\,620\,680 \cdot 21,295 / (1,2 \cdot 100) = 797636,5$ грн.

Проектний: $A_2 = 3\,725\,790 \cdot 21,295 / (1,2 \cdot 100) = 628532$ грн.

Ремонт обладнання:

$$B_p = \frac{B_{обл} \cdot \%B_p}{1,2 \cdot 100}$$

Базовий: $B_{p1} = 4\,620\,680 \cdot 6 / (1,2 \cdot 100) = 221\,034$ грн

Проектний: : $B_{p2} = 3\,725\,790 \cdot 6 / (1,2 \cdot 100) = 196\,289$ грн

Витрати на сировину:

Таблиця 7.9.

Сировина	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат	Витрати на 1 т борошна, кг	Сума, грн
Борошно	9,06	100	7352,9	66617,3
Сіль	3,15	1,4	10,29	32,4
Цукор	11,74	6	44,12	518
Дріжджі	18,10	1,3	9,56	173,3
Маргарин	15	1,5	11,03	166
Вода (ціна в грн/м ³)	0,6625	50	367,645	244
Олія	33	6	44,12	1456
Всього				69206
Транспортно-заготівельні витрати				
на борошно	21,7		735,3	5,3
на сировину	285,6		119,1	11,5

Всього		1881
--------	--	------

Витрати на сировину однакові, як для базового, так і для проектного варіанту.

Статті витрат собівартості, що змінюються

Таблиця 7.10.

№	Статті витрат, що змінюються	Поточні витрати, грн		Зміна +збільшення
		Базовий	Проектний	-економія
1	Електроенергія	1815357	118675	-63682
2	Річний фонд заробітної плати	239700,85	159487,74	-80213,11
3	Відрахування на соціальне страхування	91278	60733	-30545
4	Відрахування у фонд охорони праці	19176	12759	-6417
5	Амортизаційні відрахування	997437	838631	-158806
6	Повна собівартість продукції	818157	609658	-208500

Визначення основних показників економічної ефективності

Визначаємо додатковий прибуток (обсяг виробництва збільшується):

$$\Delta \text{Пр} = (\text{Ц} - \text{С}_2) \cdot \text{А}_2 - (\text{Ц} - \text{С}_1) \cdot \text{А}_1 = (35000 - 17388) \cdot 1117,8 - (35000 - 23408) \cdot 1117,8 =$$

6729156 грн.

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T = K_{\text{заг}} / (\Delta \text{Пр} - n) = 4\,580\,201,4 / (6729156 - 6729156 \cdot 0,25) = 0,9 \text{ роки}$$

Зниження одиниці собівартості продукції (за 1 тонну):

$$\%C = (C_1 - C_2) \cdot 100 / C_1 = (23408 - 17388) \cdot 100 / 23408 = 25,7\%$$

Рівень рентабельності продукції:

$$P = \text{Пр} \cdot 100 / C_1 = 39123000 \cdot 100 / 39123000 = 100\%$$

Визначаємо чистий грошовий потік:

$$\text{ЧГП} = \Delta \text{Пр} \cdot (1 - n) + A_{\text{м}} = 6729156 (1 - 0,25) + 838630,8 = 5885497 \text{ грн.}$$

Розраховуємо теперішню вартість (ТВ) майбутніх грошових потоків за весь життєвий цикл проекту:

$$TB = \frac{\text{ЧГП}}{(1 + p)^t}$$

p – дисконтна ставка, $p = 20\%$

t – термін експлуатації від 1 до 7 років.

$$TB_0 = 5885497 / (1 + 0,2)^0 = 5885497 \text{ грн.}$$

$$TB_1 = 5885497 / (1 + 0,2)^1 = 4904581 \text{ грн.}$$

$$TB_2 = 4904581 / (1 + 0,2)^2 = 3405959 \text{ грн.}$$

$$TB_3 = 3405959 / (1 + 0,2)^3 = 1971042 \text{ грн.}$$

$$TB_4 = 1971042 / (1 + 0,2)^4 = 950541 \text{ грн.}$$

$$TB_5 = 950541 / (1 + 0,2)^5 = 383283 \text{ грн.}$$

$$TB_6 = 383283 / (1 + 0,2)^6 = 128619 \text{ грн.}$$

$$TB_7 = 128619 / (1 + 0,2)^7 = 35928 \text{ грн.}$$

$\Sigma TV = 17665450$ грн.

Чиста теперішня вартість:

$ЧТВ = \Sigma TV - ПІ = 17665450 - 5\,580\,202 = 12085248$ грн.

Дисконтний період повернення інвестицій:

$ПІІ = ПІ / TV_{ср} = 4\,580\,202 / 2523635 = 1,8$ року

Індекс доходності:

$ІД = ЧТВ / ПІ \geq 0$

$ІД = 12085245 / 5\,580\,202 = 2,16 \geq 0$

Індекс прибутковості:

$ПІ = \Sigma TV / ПІ \geq 1$

$ПІ = 17665446 / 5\,580\,202 = 3,15 \geq 1$

Теперішня вартість:

$ТВ = ЧТВ + ПІ = 12085245 + 5\,580\,202 = 17665455$ грн.

Техніко-економічні показники проекту

Таблиця 7.11.

№	Показники	Одиниці виміру	Значення
1	Виробнича потужність	т/добу	3,6
2	Виробнича програма у вартісному виразі	Тис. грн.	39123000
3	Середньоспискова чисельність ПВП	Чол.	8,24
4	Додаткові капітальні витрати (початкові	Грн.	4 580

	інвестиції)		201,38
6	Термін окупності	Роки	0,9
7	Індекс доходності		2,17
8	Індекс прибутковості		3,16
9	Період повернення інвестицій	роки	1,8

Отже, проаналізувавши базову та проектну потокову лінію виробництва галет, можна зробити висновок, що проект апарату для вакуум-випарного охолодження економічно доцільний і значно скорочує витрати, чому свідчать економічні розрахунки та їх показники.

Висновок

Магістерська робота присвячена дослідженню процесу охолодження галет вакуум-випарним способом.

Дослідження проводились на фізичним моделюванням на створених кафедрою МАХФВ установках.

За розробленими методиками досліджено вплив кінцевого тиску на температуру охолоджених галет, втрату ними вологи при охолодженні.

Проведені дослідження свідчать про те, що значення абсолютного тиску, що створюється в камері охолодження безпосередньо впливає на такі характеристики охолоджених виробів як температура та вологість .

Встановлено, що випаровування вологи відбувається в об'ємі вологого шару заготовки, оскільки галета має пористу структуру з доброю паропроникністю.

Проведено математичне моделювання процесу охолодження заготовки з галетного тіста в умовах природньої конвекції в середовищі Elcut.

За результатами проведеної науково-дослідної роботи розроблена конструкція апарату для вакуум-випарного охолодження галет в потоці та запропонована механізована потокова лінія виробництва галет. Дане впровадження значно скорочує виробничі площі. Оскільки тривалість процесу випікання при традиційному способі виробництва включає і період досушування галет, та враховуючи те, що при вакуум-випарному способі охолодження випарується більша кількість вологи, то використання даного апарату дозволяє скоротити процес випікання галет, а відповідно і знизити витрати енергоносіїв та підвищити продуктивність печі і лінії. Крім того більш рівномірний розподіл вологи в заготовці після вакуум-випарного охолодження дозволяє зменшити крихкуватість виробів та кількість браку готової продукції.

Список використаної літератури

1. Research of the influence of vacuum on dried rusks/ Shcherbyna Oleksii, Chebakov Denys, Mykola Desyk// International conference for students – “Student in Bucovina” -7-9 May 2015. p. 12.
2. Thompson, J., & Rumsey, T. R. (1984). Determining product temperature in a vacuum cooler. ASAE Paper No. 84-6543. St. Joseph, MI, USA: American Society of Agricultural Engineering
3. 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.
4. Зеовас вакуумне охолодження - технологія майбутнього/ О.В. Ковальов, Є.М. Бабко, М.О. Місечко, В.М. Федорів//Хлебопекарное и кондитерское дело. – 2010. №2. – с.28-30.
5. Верховна Рада України; Закон від 14.10.1992 № 2694-ХІІ «Про охорону праці» (поточна редакція від 12.03.2011 на підставі 3038-17), чинний.
6. Десик М.Г. Комплексне вирішення виробництва сухарних виробів/ В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, М.Г. Десик, О.І. Кравченко// Наукові здобутки молоді-вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: програма і матеріали 77-наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 11-12 квітня 2011. – К.: НУХТ, 2011 – с. 18-19.
7. Десик М.Г. Новий спосіб виробництва сухариків/ В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, М.Г. Десик// Актуальні проблеми харчування: технологія та обладнання організація і економік: тези доповідей між нар. наук. - техн. конф. Донецьк: ДонНУЕТ, 2009. С.60-62.
8. Десик М.Г. Удосконалення процесів випікання і сушіння сухарних виробів/ В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, М.Г. Десик// Новітні технології, обладнання безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи

Тези доп. Міжнар. наук. – практ. конф., 27-28 вересня 2010.- Частина 1. – К.: НУХТ, 2010. С. 68.

9. Десик М.Г. Шляхи економії енергоресурсів при виробництві сухарних виробів/ М.Г. Десик, В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, І.В. Житнецький// Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. – 2011. - № 11-12. – 13-15.

10. Драчева Л. В. Вакуумное охлаждение – инновационная технология / Л.В.Драчева // Кондитерское производство. – 2011. – №6. – С.33.

11. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва.- К.: Логос, 2002- с. 365.

12. Застосування вакууму для інтенсифікації процесу сушіння сухарних виробів/ Щербина О.С., Десик М.Г., Теличкун В.І.// Наукові здобутки молоді-вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті: програма і матеріали 80-наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів, 10-11 квітня 2014 . – К.: НУХТ, 2014 – с. 53-55.

13. Ильинский Н.А. Производство сухарных изделий/ Н.А.Ильинский, Т.А.Ильинская. – М.:Легкая и пищевая промышленность, 1982.-208 с.

14. Лисовенко А.Т. Тепло- и влагоперенос в зоне испарения выпекаемого изделия/ А.Т. Лисовенко, С.И. Сидоренко// Пищевая технология, 1973 - №2, с.84-87.

15. Лісовенко О.Т., та ін.. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. / О.Т. Лісовенко, О.А. Руденко-Грицюк, І.М. Литовченко // - К.: «Наукова думка», 2000. – 281 с.

16. Михалевич І.А. Аналіз витрат енергоресурсів при випіканні хлібобулочних виробів/ І.А. Михалевич, А.В. Телішко,, М.Г. Десик, В.І. Теличкун// Науково-технічна творчість студентів з процесів і обладнання харчових виробництв: зб. тез. міжнар. студ. наук. практ. конф. Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – с.34-35.

17. Охлаждение сухарных изделий в условиях разрежения/ - Николай Десик, Алексей Щербина, Юлия Теличкун, Владимир Теличкун// Научни Трудове на Русенския Университет, 2013, том 52, серия 10.2. с.139.
18. 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.)
19. Применение вакуума для интенсификации процесса сушки сухарных изделий/ - Алексей Щербина, Николай Десик, Владимир Теличкун// тезисы докладов «Техника и Технология Пищевых Производств» IX междунар. науч. конф. студ. и асп., 24-25 апреля 2014 . г. Могилев. – Часть 2, с.66.
20. Теличкун В.И., Теличкун Ю.С, Губеня А.А., Десик Н.Г. (2009), Поточно-механизираная линия производства сухариков экструзией, УХТ. Научни трудове, LVI(2), с.295-300.
21. McDonald, K. The formation of pores and their effects in a cooked beef product on the efficiency of vacuum cooling / K. McDonald // Journal of Food Engineering. – 2001. – № 7. – P. 175–183.