

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Модернізація тунельної печі А2-ХПН-25 з проектуванням  
зволожувального пристрою

Назва теми

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і найменування

Спеціальність 133 Машинобудування (за спеціалізаціями)

Код і найменування

Предметна

спеціальність /спеціалізація \_\_\_\_\_

Код і найменування

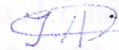
Освітня програма Машини і апарати харчових виробництв

Найменування

Шифр КвР. МАХВМ. 25.07.00.00.000


Виконав здобувач 2 курсу група МАХВМ-24-1

Шифр

  
Підпис


Іван ЛИСЕНКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд.техн.наук, доц.  
Науковий ступінь, учене звання

  
Підпис

Віктор ФЕДОРІВ  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:  
Завідувач кафедри галузевого  
машинобудування та агроінженерії  
Назва

  
Підпис

Андрій МАРТИНЮК  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

\_\_\_\_\_  
Дата

Хмельницький 2025

**АНОТАЦІЯ**  
на кваліфікаційну роботу  
спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

**Тема: «Модернізація тунельної печі А2-ХПН-25 з проєктуванням  
зволожувального пристрою»**

Кваліфікаційна робота складається з розрахунково-пояснювальної записки (76 стор. формату А4) і графічної частини (10 аркушів формату А1).

Розрахунково-пояснювальна записка містить вступ, технологічну, конструкторську і експлуатаційну частини.

У конструкторській частині приведено розрахунок печі, розраховані параметри і розміри конвеєра, зволожувального пристрою.

Описана будова та принцип дії машини. Приведена технічна характеристика.

Кваліфікаційна робота базується на розробці оптимальної конструкції тунельної печі, що відбуваються при випіканні хліба з метою підвищення його якості та одночасно зниження енерговитрат при його виробництві. У зв'язку з цим модернізували піч та замінили шафу вистою. А саме, в печі А2-ХПН-25, здійснили вдосконалення зволожувальної зони і останньої зони обігріву, завдяки зменшенню обсягу подачі пари за рахунок зменшення кількості перфорованих трубок, при цьому якість виробів покращилась (до модернізації був надлишок конденсату).

В даній роботі приводиться розрахунок і обґрунтування доцільності впровадження у дію машини. Приведені розрахунки доводять доцільність машини у виготовленні та в експлуатації.

В графічній частині приведено загальний вид печі, розрізи печі, топка, шафа вистою до печі А2-ХПН-25, деталі, вузли, технологічна схема роботи печі, схема автоматизації печі, технологічна схема виробництва хлібобулочних виробів.

Список використаних джерел містить 18 найменувань.

Ключові слова:

Тісто, дріжджі, бродіння, формування, випікання, зволожувальний пристрій, топка, шафа вистою, перфоровані трубки, зона обігріву, машина, автоматизація, проєктування, привод.

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і найменування

Спеціальність 133 Машинобудування (за спеціалізаціями)

Код і найменування

Предметна

спеціальність /спеціалізація \_\_\_\_\_

Код і найменування

Освітня програма Машини і апарати харчових виробництв

Найменування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.\_\_\_\_\_.2025

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Лисенко Іван Васильович

Прізвище, ім'я, по батькові здобувача

1 Тема роботи Модернізація тунельної печі А2-ХПН-25 з проєктуванням зволожувального пристрою

Керівник роботи Федорів Віктор Михайлович, канд.техн.наук, доц.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від \_\_\_\_\_ 2025 р. № \_\_\_\_\_

2 Термін подання здобувачем роботи на кафедру \_\_\_\_\_ 3

Вихідні дані до роботи) \_\_\_\_\_

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

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

7 Дата видачі завдання \_\_\_\_\_



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1.ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА ПРОДУКЦІЇ.....	7
1.1. Обґрунтування способів виготовлення тіста.....	7
1.2. Зберігання та підготовка сировини до виробництва .....	10
1.3. Принципова технологічна схема виготовлення хлібобулочних виробів та характеристика основних технологічних операцій .....	12
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	16
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	25
3.1. Техніко-економічне обґрунтування .....	25
3.2. Будова та принцип дії .....	28
3.3. Розрахунок і проектування тунельної печі .....	34
4. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА.....	50
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	72
ВИСНОВКИ .....	74
ДОДАТКИ.....	76

## ВСТУП

Харчова промисловість в Україні є однією з ключових галузей господарства, яка відіграє важливу роль у забезпеченні матеріально-технічної бази суспільного виробництва. Її значущість зумовлена як внеском у формування економіки, так і безпосереднім створенням продукції, призначеної для задоволення основних потреб населення. Суттєвий вплив на розвиток харчової промисловості має науково-технічний прогрес. Він сприяє постійному вдосконаленню наукових і технологічних процесів, засобів виробництва і методів організації праці. Крім того, науково-технічний прогрес вирішує важливі соціально-економічні питання, такі як покращення умов праці, підвищення її ефективності, охорона довкілля та підвищення життєвого рівня населення. Хлібопекарська галузь є стратегічно важливою частиною харчової промисловості, що забезпечує населення одним із головних продуктів харчування – хлібобулочними виробами. Якість готової продукції залежить від кожного етапу виробничого процесу, у якому випікання має вирішальне значення. Саме цей етап формує ключові фізико-хімічні та органолептичні властивості хліба, такі як об'єм, пористість, колір скоринки та її еластичність. У масовому виробництві хлібобулочних виробів широко використовуються тунельні печі безперервної дії. Серед них піч А2-ХПН-25 займає особливе місце завдяки своїй надійності, високій продуктивності та можливості забезпечувати рівномірний розподіл тепла в пекарній камері. Водночас сучасні вимоги до якості продукції й енергоефективності диктують необхідність подальшого вдосконалення таких печей. Один із перспективних напрямів модернізації – це інтеграція зволожувального пристрою для створення оптимального рівня вологості в початковій фазі випікання. Наявність пари в пекарній камері сприяє утворенню рівномірної, блискучої та пружної скоринки, перешкоджаючи швидкому висиханню поверхні тіста. Це забезпечує кращий підйом тіста та удосконалену структуру м'якуша. Наукова новизна даного дослідження полягає у розробці та впровадженні енергоефективного зволожувального пристрою нового типу. Його особливість полягає в

можливості точного регулювання подачі пари залежно від технологічних параметрів, температурного режиму та специфіки вироблених хлібобулочних виробів. Дослідницька робота спирається на аналіз конструктивних особливостей печі А2-ХПН-25, дослідження впливу вологості на процес випікання та розрахунки теплотехнічних і гідродинамічних показників. Для досягнення мети використовуються такі методи: - інженерне моделювання; - розрахунок теплотехнічних характеристик; - аналіз нормативної бази; - оцінювання економічної ефективності запропонованих рішень. У процесі проектування враховано вимоги чинних стандартів, зокрема ДСТУ 4583:2006 щодо хлібобулочних виробів, ДСТУ 34314:2017 стосовно технічного обладнання для хлібопекарської промисловості, а також санітарні й протипожежні норми для роботи теплового обладнання на харчових підприємствах. Запровадження нового зволожувального пристрою сприятиме підвищенню якості хлібобулочних виробів, зменшенню втрат при випіканні, поліпшенню гігієнічних умов праці.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА СИРОВИНИ ТА ПРОДУКЦІЇ

## 1.1. Обґрунтування способів виготовлення тіста

Виготовлення замісу з житньо-пшеничного борошна спирається на досягнення високого рівня кислотності, що має на меті обмеження активності ферментів. Альфа-амілаза, що постійно присутня у житньому борошні, провокує липкість тіста та призводить до розпливчастості готових виробів. Отже, при роботі з житнім тістом доцільно задіювати закваски.

Закваска являє собою напівфабрикат, створюваний із борошна та води, у якому молочнокислі бактерії та дріжджові клітини перебувають у своєму активному стані. Кислотність доведених до готовності заквасок варіюється у межах від 9 до 16 градусів.

У рамках дипломного проєкту планується приготування тіста для тернопільського подового хліба вагою 0,8 кг, використовуючи рідку житню закваску. Передбачається, що приготування рідкої закваски відбуватиметься за київською методикою із застосуванням дріжджів \*Sachor minor\* та штамів молочнокислих бактерій, що належать до груп А та В за Селібером, на стадії розведення.

Рідка закваска готується з води, борошна та частини вже дозрілої закваски. Вологість такої закваски становить 70-72%, кислотність – 9-11 градусів, а підйомна сила сягає 30-35 хвилин. Тривалість бродіння закваски складає 3,5–4,5 години.

У виробничому циклі закваску відбирають у кількості, що дорівнює 50% від загальної маси, поповнюючи відібраний обсяг ідентичною кількістю поживних речовин із борошна та води. Використання закваски для замісу тіста сягає 75-80% від маси борошна. Час бродіння тіста, виготовленого за цією схемою, становить 90 хвилин.

Виготовлення тіста на рідких заквасках має низку переваг над технологією, що використовує густі напівфабрикати. При застосуванні рідких заквасок зменшуються борошняні витрати на процес бродіння.

Рідкі закваски легко піддаються транспортуванню та дозуванню, а за

потреби їх простіше підігріти чи охолодити.

Технологічні схеми приготування тіста на рідких заквасках є помітно простішими та вимагають менше трудозатрат. Хліб, випечений із застосуванням рідкої закваски, містить більше ароматичних та смакових компонентів, а також довше зберігає свою свіжість порівняно з виробами на густих заквасках.

Дипломним проєктом передбачено приготування тіста для кишинівського подового хліба вагою 0,8 кг, що має бути зроблене на великій рідкій солоній опарі (PCO).

Метод приготування тіста на рідких опарах базується на стимуляції життєдіяльності дріжджових клітин та ферментних систем борошна у рідкому поживному середовищі, а також на глибокому набуханні його колоїдів. Дріжджові клітини в рідких опарах демонструють кращу бродільну активність, ніж у густих, і мають сприятливіші умови для накопичення більшої кількості біомаси.

Рідкі опари готують із вологістю 65-75%, використовуючи 25-30% від загальної кількості борошна, на рідких або пресованих дріжджах.

Для зниження в'язкості опар, зменшення піноутворення та стабілізації кислотності до опари додають частину солі – 0,3-0,5% до маси борошна в тісті. Сіль у рідких опарах меншою мірою пригнічує дріжджі, ніж у густих, оскільки концентрація солі в них у 15 разів нижча при однаковому дозуванні. У солоних опарах уповільнюється протеоліз білкових субстанцій, покращується газоутворювальна здатність тіста. Оптимальний обсяг солі, що вноситься в опару, становить 50% від загальної кількості солі, закладеної в рецептурі.

Рідкі опари є універсальними. На їх основі можливо виготовляти різноманітні вироби, вносячи зміни до рецептур під час замісу, що сприяє ефективній організації праці у відділенні приготування тіста хлібозаводу.

У рідких опарах біохімічні, мікробіологічні та колоїдні процеси протікають значно інтенсивніше, ніж у густих, внаслідок чого у готовому тісті підвищується вміст водорозчинних білкових сполук, амінокислот та цукрів. Це

забезпечує гарний об'єм, пористість та відповідний колір скоринки виробів.

При використанні рідких опар витрати борошна на бродіння є меншими на 0,3-0,5% порівняно з виготовленням тіста на густих опарах.

Працюючи на рідких опарах, легко контролювати технологічний процес; вони менш схильні до переокисання у випадках передбачених перерв у роботі.

Рідкі опари зручно переміщувати за допомогою трубопроводів, їх легко дозувати, що створює умови для формування комплексно-механізованих ліній для їх виробництва.

Кваліфікаційна робота передбачає приготування тіста для чернівецьких пліток вагою 0,5 кг із пшеничного борошна найвищого гатунку безопарним прискореним методом із попереднім активом дріжджів.

Цей метод приготування тіста рекомендується для виробів булочних та здобних з пшеничного борошна вищого та першого сортів, які мають, порівняно з хлібом, нижчу кислотність; їхні смакові та ароматичні властивості забезпечуються наявністю жиру та цукру.

При безопарному прискореному способі приготування тіста, для посилення біохімічних, мікробіологічних та колоїдних процесів, що залежать від дозрівання тіста, передбачається інтенсивне замішування тіста у тістомісильній машині «Прима-300» та підвищення початкової температури тіста до 32°C. Для посилення бродильної активності пресованих дріжджів у тісті заплановано їх активацію. Внаслідок активації зростає підйомна сила дріжджів, що дає змогу зменшити їх витрату на заміс тіста на 10-20%, або, не знижуючи їх кількість, скоротити час бродіння напівфабрикатів. Використання активованих дріжджів покращує аромат та смак хліба, збільшує його пористість.

Тісто планується готувати порційним методом, що забезпечує більшу гнучкість технологічного процесу. У такому разі легше коригувати технологічний режим та створюються кращі умови для роботи у дві зміни, а також для переходу між виробництвом різних асортиментів.

Безопарний прискорений спосіб замішування тіста є економічно

вигіднішим та менш тривалим. Цикл виготовлення тіста скорочується на 80-90% у порівнянні з опарним методом, а фактичний вихід хліба зростає на 2-2,5% завдяки зменшенню втрат на бродіння. Застосування цього методу дає змогу підприємству перейти на однозмінний або двозмінний режим роботи, створюючи кращі можливості для випуску широкого асортименту продукції.

## **1.2. Зберігання та підготовка сировини до виробництва**

Вищий ґатунок пшеничного борошна (згідно з ДСТУ 46.004-99) разом із житнім сіяним (відповідно до ГОСТ 7045-90) доправляється на хлібозавод автоборошновозами, що вміщують 8-9 тонн. Зливання борошна відбувається через приймальний люк ХЩП-2(8), до якого під'єднується гнучкий рукав автоборошновоза. Запускається компресор, розташований на шасі машини, і стисненим повітрям борошно надходить до силосів Spiromatic (6). Борошно накопичується в силосі, а транспортувальне повітря виходить через фільтр, де воно очищається від борошняного пилу. Переміщення борошна для просіювання організовано за допомогою аерозольного транспорту. Борошно потрапляє у сито ПТ-1500 (7), проходить процес просіювання, опісля — через електромагніти, які видаляють будь-які металеві домішки, та через патрубок подається на ваги ПТ-1500 (7). Зважене борошно спрямовується у виробничі бункери ХЕ-112 (10), звідки воно шнеком подається для замішування напівфабрикатів.

Свіжі хлібопекарські дріжджі (за ТУУ 15.8-00383320-001-2002) доставляються автотранспортом, вони упаковані в ящиках по 1,0 кг. Зберігання дріжджів здійснюється в тарі у холодильній камері при температурі в межах від 0 до 4°C. Забезпечується тридобовий запас дріжджів. Перед використанням дріжджі розчиняють у воді з температурою 30-31°C у співвідношенні 1:3. Приготування дріжджової суспензії відбувається у спеціальному змішувачі Х-14 (17). Вода дозується автоматично за допомогою водомірного бачка АВБ-100 (16). Готова дріжджова суспензія випускається через вихідний фільтр змішувача і відцентровим насосом (2) перекачується до виробничого збірника

ХЕ-48 (12), звідки вона самопливом надходить для приготування напівфабрикату.

Харчова кухонна сіль (відповідно до ДСТУ 3583-97) надходить у мішках і зберігається у відокремленому сухому приміщенні, де відносна вологість повітря не перевищує 75%. На підприємстві підтримується п'ятнадцятиденний запас солі. У напівфабрикат сіль вводиться у вигляді розчину з концентрацією 26%. Для приготування цього розчину використовується солерозчинник ХСР-3/2 (18), який є ємністю, розділеною на три секції перегородками з отворами-фільтрами: одна секція — для завантаження солі, дві інші — для відстоювання розчину. На виході з розчинника розчин проходить додаткову фільтрацію та за допомогою відцентрового насоса (2) перекачується до виробничого збірника ХЕ-47 (11), з якого він самопливом подається на замішування тіста.

Цукор-пісок (згідно з ДСТУ 2316-93) доставляється на виробництво в 50-кілограмових мішках, які зберігаються на піддонах у сухому місці, де рівень відносної вологості повітря не перевищує 70%. При замішуванні тіста цукор вноситься у формі розчину з густиною 1,23 г/см<sup>3</sup>, який готується у пропелерній мішалці А2-ХРЦ (15). Вода для розчину дозується автоматичним водомірним бачком АВБ-100М (16). Приготований розчин фільтрується і відцентровим насосом (2) перекачується до виробничого збірника ХЕ-48 (13), з якого далі спрямовується на виробничі процеси.

Маргарин (за ТУУ561.18.008-2001) доставляють на об'єкт у ящиках і зберігають у холодильних камерах. Перед початком технологічного процесу маргарин виймають з тари, оглядають, очищають від можливих забруднень, розрізають і перевіряють його внутрішній стан. Після цього маргарин завантажують у жиророзчинник А2-ХРЦ (15). Температура розтопленого маргарину не повинна перевищувати 40°C, оскільки при вищих температурах відбувається розшарування маргарину на жирову та водну фази, що призводить до нерівномірного розподілу жиру в тісті. Розтоплений маргарин тече по термоізолюваному трубопроводу до збірної ємності ХЕ-48 (14), звідки він подається на виробництво.

Вода для технологічних потреб і санітарно-господарських потреб береться з міської водопровідної мережі. Для створення необхідного резерву для виробництва встановлено баки для холодної води (1), що забезпечують восьмигодинну роботу підприємства, та для гарячої води (4), розраховані на шестигодинний робочий цикл. Температура гарячої води, яка становить 75°C, досягається шляхом підігріву холодної води паром, що подається у змішувач, розташований у нижній частині бака гарячої води. Для забезпечення належного напору води баки розміщені у спеціальному приміщенні на верхньому поверсі будівлі.

Пара генерується у котельній установці, де експлуатується котел марки Е1/9Г (22). Для пом'якшення води застосовуються катіонітні фільтри (19). Для видалення повітря встановлено деаератор (20). Конденсат, що повертається зі змішувача бака гарячої води, проходить очищення у деаераторі і знову використовується для живлення котла. Пара на виробництві необхідна для підігріву води у баку гарячої води, для зволоження атмосфери у шафі остаточного бродіння, а також у першій зоні пекарної камери.

### **1.3. Принципова технологічна схема виготовлення хлібобулочних виробів та характеристика основних технологічних операцій**

*Опис технологічної схеми виробництва хліба тернопільського подового масою 0,8 кг.*

У кваліфікаційній роботі заплановано виготовлення хлібної маси для тернопільського подового хліба вагою 0,8 кг на рідкій житній заквасці. Закваска готується за київським методом.

Поживна суміш готується із борошна та води у заварювальній машині ХЗЗМ-300 (25). Вода відміряється автоматичним водомірним бачком АВБ-100М (16). Борошно з виробничого бункера ХЕ-112 (10) порційно подається борошняним дозатором Ш2-ХДА (24). Суміш замішується протягом 10-15 хвилин і перекачується шестеренчастим насосом (26) у бродильні ємності ХЕ-46 (27) для закваски. Вологість закваски становить 72%, початкова температура – 28°C.

Закваска бродить 3,5 години до кінцевої кислотності 10-11 градусів. Половина (50%) визрілої закваски відбирається та перекачується шестеренчастим насосом (26) у накопичувальний бак ХЕ-46 (23), звідки самопливом надходить на виробництво. До решти закваски, що залишилася в чані, додається така ж кількість суміші і залишається для подальшого бродіння.

Тісто замішується у машині безперервної дії А2-ХТТ (29). Борошно надходить із виробничого бункера ХЕ-112 (10) і дозується барабанним дозатором, інтегрованим у тістомісильну машину. Рідка закваска порційно подається черпаковим дозатором (30). Рідкі інгредієнти – дріжджова суспензія, сольовий розчин – дозуються станцією Ш2-ХДМ (28). Згідно з рецептурою, під час замісу в тістомашину дозується кмін. Вологість тіста – 44%, початкова температура – 30°C. Замішана тістова маса за допомогою лопатевого насоса транспортується по трубах до стаціонарного корита для бродіння І8-ХТА-12/6 (31), де вистоюється 90 хвилин до досягнення кислотності 6,0 градусів. Визріла тістова маса надходить у тістодільник А2-ХТ1-Н-0,3 (32). Отримані порції тіста вагою 0,9 кг за допомогою конвеєра подаються у шафу остаточного вистоювання Т1-ХР-23-60 (35) і завантажувачем (34) розміщуються у касети. Тривалість остаточного вистоювання – 5 хвилин при температурі 75-80°C. Після вистоювання тістові заготовки шляхом нахилу коліски шафи над поду печі переходять на випікання. Виробництво здійснюється у зволоженій камері печі А2-ХПН-25 (36) протягом 47 хвилин при температурі 210-240°C. Перед вивантаженням вироби зволожуються через форсунки водою.

Випечені вироби конвеєром переміщуються на охолодження у кулер КВЛ-1 (39), звідти – на циркуляційний стіл Х-ХГФ (40), а потім – на різання та пакування. Розміщуються у лотки-контейнери А2-ХТМ/25 (41). Контейнери транспортуються до хлібосховища та експедиції.

Огляд технологічної схеми виготовлення кишинівського подового хліба вагою 0,8 кг.

Кваліфікаційна робота передбачає приготування тіста для кишинівського подового хліба вагою 0,8 кг із використанням великої рідкої солоної опари (PCO).

ВРСО готується у заварювальній машині ХЗ-ЗМ-300 (25). Вода, розчин солі (50% від загальної кількості за рецептурою) та дріжджова суспензія дозуються дозатором рідких компонентів Ш2-ХДБ (44). Борошно надходить із виробничого бункера і порційно подається борошняним дозатором Ш2-ХДА (24). Тривалість замішування опари становить 10-15 хвилин, вологість опари – 70%, початкова температура – 28°C. Замішана опара шестеренчастим насосом (26) перекачується у чани для бродіння ХЕ-46 (45). Тривалість бродіння опари – 180-210 хвилин до кінцевої кислотності 6-7 градусів. Визріла опара шестеренчастим насосом переміщується у накопичувач виробничого запасу ХЕ-46 (46), звідки самопливом подається на заміс тіста.

Тісто замішується у тістомісильній машині безперервної дії А2-ХТТ (29). Борошно надходить із виробничого бункера ХЕ-112 (10) і дозується барабанним дозатором, вбудованим безпосередньо у тістомісильну машину. Рідка опара дозується черпаковим дозатором (30). Сольовий розчин подається дозувальною станцією Ш2-ХДМ (28). Тісто замішується 6-7 хвилин. Вологість тіста – 46%, початкова температура – 30°C. Замішана тістова маса за допомогою лопатевого насоса перекачується у корито для бродіння И8-ХТА12/6(31), де вистоюється 40-60 хвилин до кислотності 4,5 градусів. Визріла тістова маса надходить у тістодільник А2-ХТ1-Н-0,2 (32). Отримані порції тіста вагою 0,9 кг за допомогою конвеєра подаються у шафу попереднього вистоювання Т1-ХР-2-2-60(35) і завантажувачем (34) поміщаються у касети. Тривалість остаточного вистоювання – 55 хвилин при 35-40°C та відносній вологості повітря 75-80%. Після вистоювання тістові заготовки шляхом нахилу коліски шафи над поду печі переходять на випікання. Виготовлення відбувається у зволоженій камері печі А-2-ХПН-25(36) протягом 40 хвилин при 210-240°C. Перед вивантаженням вироби зрошуються водою через форсунки.

Випечені вироби конвеєром надходять на охолодження у кулер КВЛ-1 (39), далі на циркуляційний стіл Х-ХГФ (40), а потім – для нарізання та пакування. Розміщуються у лотки-контейнери А2-ХТМ/25 (41). Контейнери передаються до хлібосховища та експедиції.

Опис технологічного процесу виготовлення чернівецьких плетінок із

пшеничного борошна вищого гатунку вагою 0,5 кг.

Кваліфікаційна робота передбачає приготування тіста для чернівецьких плетінок із пшеничного борошна вищого гатунку вагою 0,5 кг за прискореною безопарною технологією з використанням активованих дріжджів.

Поживна суміш для активації дріжджів готується у заварювальній машині ХЗМ-300 (24) з борошна, води та цукру. Вода для замішування поживної суміші дозується автоматичним водомірним бачком АВБ-100М (16). Борошно з виробничого бункера ХЕ-112 (10) дозується борошняним дозатором Ш2-ХДА (24), цукор додається вручну. Суміш замішується 10-15 хвилин, після чого в неї вносяться попередньо подрібнені пресовані дріжджі. Вологість фази активації – 70,5%, початкова температура – 31-32°C. Приготовлені активовані дріжджі шестеренчастим насосом перекачуються у чан для бродіння ХЕ-48 (48), де вони бродять 60 хвилин. Потім активовані дріжджі перекачуються шестеренчастим насосом у накопичувач виробничого запасу ХЕ-48 (49), звідки надходять на заміс тіста.

Тісто для цього виробу готується у тістомісильній машині інтенсивної дії «Прима-300» (50). Дозування рідких компонентів – води, сольового розчину, цукрового розчину, маргарину та активованих дріжджів – виконується за допомогою дозатора рідких компонентів Ш2-ХДБ (44). Тривалість бродіння тіста – 90 хвилин до кінцевої кислотності 3,0 градуси. Визріла тістова маса з діжі за допомогою діжеперекидача (52) надходить у тістодільник (32), де ділиться на шматки вагою 0,190 кг. Далі тістові заготовки подаються у коліски шафи попереднього вистоювання, де процес триває 5 хвилин в умовах цеху для зняття внутрішньої напруги у тістовій заготовці. Після цього тістові заготовки спрямовуються на формування у тістозакатувальну машину «Восход» (54), джгути транспортером подаються на стіл, з якого формуються тістові заготовки згідно асортименту. Сформовані тістові заготовки вручну викладаються на листи по 3 штуки, а листи розміщуються на колісках шафи остаточного вистоювання Т1-ХР-2А-48 (56). Тривалість остаточного вистоювання – 55 хвилин при 35-40°C та відносній вологості повітря 75-80%.

Після завершення вистоювання листи з тістовими заготовками перекладаються вагонною візком на коліски печі Г4-ХПФ-16 (57). Випікання тістових заготовок відбувається за змінним температурним режимом протягом 36 хвилин. Випечені вироби конвеєром передаються на циркуляційний стіл Х-ХГФ (40), звідки вручну складаються у лотки контейнерів А2-ХМТ/25 (41). Контейнери передаються до хлібосховища та експедиції, а далі – у торговельну мережу.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Вихідні дані до технологічних розрахунків

Вихідні дані приведені в таблиці 2.1 згідно [ 5 ].

Таблиця 2.1 – Вихідні дані

Найменування показників, одиниці виміру	Умовне позначе ння	Назва виробу		
		Хліб тернопільський подовий масою 0,8 кг	Хліб кишинівський подовий масою 0,8 кг	Плетінка чернівецька з борошна пшеничного вищого сорту масою 0,5 кг
1	2	3	4	5
Стандарт		ТУУ 46.22.60-95	ГОСТ 27842-88	ТУУ 46.22.066-96
Показники якості:				
Вологість, %, не більше	W	43,0	45,0	37,0
Кислотність, град, не більше	K	5,0	4,0	2,5
Пористість, %, не менше	П	65,0	64,0	72,0
Масова частка цукру в перерахунку на сухі речовини, %, не менше	M <sub>ц</sub>	-	-	3,0
Масова частка жиру в перерахунку на сухі речовини, %, не менше	M <sub>ж</sub>	-	-	-
Рецептура на 100 кг борошна, кг				
Борошножитне сіяне	M <sub>б</sub>	50,0	-	-
Борошно пшеничне першого сорту	M <sub>б</sub>	50,0	30,0	-
Борошно пшеничне другого сорту	M <sub>б</sub>	-	70,0	-
Борошно пшеничне вищого сорту	M <sub>б</sub>	-	-	100,0

Дріжджі хлібопекарські пресовані	$M_{др}$	1,0	1,0	1,5
Сіль кухонна харчова	$M_c$	1,5	1,5	1,3
Цукор-пісок	$M_{ц}$	-	-	3,0
Маргарин	$M_m$	-	-	2,0
Кмин	$M_k$	1,0	-	-
Технологічний режим				
Спосіб приготування тіста		Рідка закваска	Рідка солена опара	Безопарний на актив.
Вологість тіста, %	$W_t$	44,0	46,0	37,5
Вологість першої фази, %	$W_o$	72,0	70,0	70-75
Дозування борошна в першу фазу, %	$W_{бo}$	-	25-30	-
Дозування закваски в тісто, %	$W_z$	80,0	-	-
Концентрація розчину солі, %	$C_c$	26,0	26,0	26,0
Концентрація розчину цукру, %	$C_{ц}$	-	-	56,0
Кратність розведення дріжджів водою	$n$	3	3	0
Тривалість остаточного вистоювання, хв	$T_{вист}$	50-60	55-60	50-60
Тривалість бродіння першої фази, хв	$T_{бo}$	180-210	180-240	60
Тривалість бродіння тіста, хв	$T_{бт}$	90	40-60	90

## 2.2 Розрахунок пофазних рецептур

Розрахунок пофазної рецептури для хліба тернопільського подового, з борошна пшеничного вищого гатунку масою 0,8 кг.

Вихід тіста,  $M_t$ , в кілограмах за формулою:

$$M_t = \frac{\sum M_{c,p} \cdot 100}{100 - W_t} + K \quad (2.1)$$

де  $\Sigma M_{ср}$  - сума мас сухих речовин у тісті, кг;

$W_m$  – вологість тіста, %;

Розрахунок маси сухих речовин для хліба тернопільського подового, масою 0,8 кг приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок маси сухих речовин для хліба тернопільського подового, масою 0,8 кг

Найменування сировини	Маса сировини, кг	Вологість сировини, %	Сухі речовини	
			%	кг
Борошно житнє сіяне	50,0	14,5	85,5	42,75
Борошно житнє I сорту	50,0	14,5	85,5	42,75
Дріжджі хлібопекарські	1,0	75	25	0,25
Сіль кухонна харчова	1,5	3	97	1,455
Разом	102,5			87,205

$$M_T = \frac{(87,205 \cdot 100)}{(100 - 44)} + 1 = 156,7 \text{ кг}$$

Маса води (загальна) для приготування тіста,  $M_{заг}^B$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{заг}^B = M_T - M_{сир} \quad (2.2)$$

де  $M_{сир}$  – маса сировини, кг

$$M_{заг}^B = 156,7 - 102,5 = 53,2 \text{ кг}$$

Маса дріжджової суспензії,  $M_{др.с}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{др.с} = M_{др} (n + 1) \quad (2.3)$$

де  $M_{др}$  – маса дріжджів за рецептурою, кг

$n$  – кратність розведення дріжджів,

$$M_{др.с} = 1(3 + 1) = 4 \text{ кг}$$

Маса води в дріжджовій суспензії,  $M_{др.с}^B$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{др.с}^B = M_{др.с} - M_{др} \quad (2.4)$$

$$M_{др.с}^B = 4 - 1 = 3 \text{ кг}$$

Вологість дріжджової суспензії,  $W_{др.с}$ , у відсотках за формулою:

$$W_{др.с} = \frac{M_{др} \cdot W_{др} + M_{в}^{др.с} \cdot 100}{M_{др.с}} \quad (2.5)$$

$$W_{др.с} = \frac{1 \cdot 75 + 3 \cdot 100}{4} = 93,75\%$$

Маса розчину солі,  $M_{р.с}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{р.с} = \frac{M_c \cdot 100}{C_{р.с}} \quad (2.6)$$

де  $C_{р.с}$  – концентрація розчину солі, %

$$M_{р.с} = \frac{1,5 \cdot 100}{26} = 5,76 \text{ кг}$$

Маса води в розчині солі,  $M_{в}^{р.с}$ , в кілограмах за формулою (2.4):

$$M_{в}^{р.с} = 5,76 - 1,5 = 4,26 \text{ кг}$$

Маса води для приготування рідкої закваски,  $M_{вз}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{вз} = M_{зар}^в (M_{др.с}^в + M_{р.с}) \quad (2.7)$$

$$M_{вз} = 53,2(3 + 4,26) = 45,94 \text{ кг}$$

Маса борошна в закваску,  $M_6^з$ , в кілограмах за формулою:

$$M_6^з = \frac{M_в^з(100 - W_з)}{W_з - W_6} \quad (2.8)$$

$$M_6^з = \frac{45,94(100 - 72)}{72 - 14,5} = 22,37 \text{ кг}$$

Маса закваски,  $M_з$ , в кілограмах за формулою:

$$M_з = M_6^з + M_{вз}^з \quad (2.9)$$

$$M_з = 45,94 + 22,37 = 68,31 \text{ кг}$$

Маса борошна в тісто,  $M_6^т$ , в кілограмах за формулою:

$$M_6^т = M_6 - M_6^з - M_6^{обп} \quad (2.10)$$

$$M_6^т = 100 - 22,37 - 1 = 76,63 \text{ кг}$$

Пофазна рецептура приготування тіста для хліба тернопільського масою 0,8 кг приведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Пофазна рецептура приготування тіста для хліба тернопільського подового масою 0,8 кг

Сировина та напівфабрикати	Всього, кг	В закваску, кг	В тісто, кг	На обробку, кг
Борошно житнє сіяне	50,0	22,37	26,63	1,0
Борошно пшеничне I сорту	50,0	-	50,0	-
Дріжджова суспензія	4,0	-	4,0	-
Розчин солі	5,76	-	5,76	-
Вода	45,94	45,94	-	-
Закваска	-	-	68,31	-
Кмин	1,0	-	1,0	-
Разом	156,7	68,31	155,7	1,0

Розрахунок пофазної рецептури для хліба кишинівського подового масою 0,8 кг.

Вихід тіста,  $M_t$ , в кілограмах за формулою (2.1):

Розрахунок маси сухих речовин для хліба кишинівського подового, масою 0,8 кг приведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок маси сухих речовин для хліба кишинівського подового, масою 0,8 кг

Найменування сировини	Маса сировини, кг	Вологість сировини, %	Сухі речовини	
			%	кг
Борошно пшеничне першого сорту	30,0	14,5	85,5	25,65
Борошно пшеничне другого сорту	70,0	14,5	85,5	59,85
Дріжджі хлібопекарські	1,0	75,0	25,0	0,25
Сіль кухонна харчова	1,5	3,0	97,0	1,455
Разом	102,5			87,205

$$M_t = \frac{(87,205 \cdot 100)}{(100 - 46)} = 161,5 \text{ кг}$$

Маса води (загальна) для приготування тіста,  $M_{\text{заг}}^{\text{в}}$ , в кілограмах за формулою (2.2):

$$M_{\text{заг}}^{\text{в}} = 161,5 - 102,5 = 59 \text{ кг}$$

Маса дріжджової суспензії,  $M_{\text{др.с.}}$ , в кілограмах за формулою (2.3):

$$M_{\text{др.с.}} = 1(3 + 1) = 4 \text{ кг}$$

Маса води в дріжджовій суспензії,  $M_{\text{др.с.}}^{\text{в}}$ , в кілограмах за формулою (2.4):

$$M_{\text{др.с.}}^{\text{в}} = 4 - 1 = 3 \text{ кг}$$

Вологість дріжджової суспензії,  $W_{\text{др.с.}}$ , у відсотках за формулою (2.5):

$$W_{\text{др.с.}} = \frac{1 \cdot 75 + 3 \cdot 100}{4} = 93,75\%$$

Маса розчину солі,  $M_{\text{р.с.}}$ , в кілограмах за формулою (2.6):

$$M_{\text{р.с.}} = \frac{1,5 \cdot 100}{26} = 5,76 \text{ кг}$$

Маса води в розчині солі,  $M_{\text{р.с.}}^{\text{в}}$ , в кілограмах за формулою (2.4):

$$M_{\text{р.с.}}^{\text{в}} = 5,76 - 1,5 = 4,26 \text{ кг}$$

Маса води в опару,  $M_{\text{вз.}}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{\text{вз.}} = M_{\text{заг}}^{\text{в}} - (M_{\text{др.с.}}^{\text{в}} + M_{\text{р.с.}}^{\text{в}}) \quad (2.11)$$

$$M_{\text{вз.}} = 59 - (3 + 4,26) = 51,74 \text{ кг}$$

Маса борошна на заміс опари,  $M_{\text{в}}^{\text{о}}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{\text{в}}^{\text{о}} = \frac{M_{\text{в}}^{\text{о}}(100 - W_{\text{о}}) + M_{\text{др.с.}}(W_{\text{др.с.}} - W_{\text{о}}) + 1/2 M_{\text{р.с.}}(W_{\text{р.с.}} - W_{\text{о}})}{W_{\text{о}} - W_{\text{в}}} \quad (2.12)$$

$$M_{\text{в}}^{\text{о}} = \frac{51,74(100 - 70) + 4(93,75 - 70) + 2,88(74 - 70)}{70 - 14,5} = 29,9 \text{ кг}$$

Маса опари на заміс тіста,  $M_{\text{о}}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{\text{о}} = M_{\text{в}}^{\text{о}} + M_{\text{в}}^{\text{о}} + M_{\text{др.с.}} + 1/2 M_{\text{р.с.}} \quad (2.13)$$

$$M_{\text{о}} = 29,9 + 51,74 + 4 + 2,88 = 88,52 \text{ кг}$$

Маса борошна в тісто,  $M_{\text{в}}^{\text{т}}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{\text{в}}^{\text{т}} = 100 - M_{\text{в}}^{\text{о}} - M_{\text{в}}^{\text{обп}} \quad (2.14)$$

$$M_{\text{в}}^{\text{т}} = 100 - 29,9 - 1 = 69,1 \text{ кг}$$

Маса розчину солі для замісу тіста,  $M_{\text{р.с.т.}}$ , в кілограмах за формулою:

$$M_{\text{р.с.т.}} = M_{\text{р.с.}} - M_{\text{р.с.о}} \quad (2.15)$$

$$M_{\text{р.с.т.}} = 5,76 - 2,88 = 2,88 \text{ кг}$$

Пофазна рецептура приготування тіста для хліба кишинівського подового масою 0,8 кг приведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Пофазна рецептура приготування тіста для хліба кишинівського подового масою 0,8 кг

Сировина та напівфабрикати	Всього, кг	В опару, кг	В тісто, кг	Попереднє тісто, кг
Борошно пшеничне першого сорту	30,0	-	30,	-
Борошно пшеничне другого сорту	70,0	29,9	39,1	1,0
Дріжджова суспензія	4,0	4,0	-	-
Розчин солі	5,76	2,88	2,88	-
Вода	51,74	51,74	-	-
Опара	-	-	88,52	-
Разом	161,5	88,52	160,5	1,0

Розрахунок пофазної рецептури для плетінки чернівецької з борошна пшеничного вищого сорту масою 0,5 кг.

Вихід тіста,  $M_T$ , в кілограмах за формулою (2.1):

Розрахунок маси сухих речовин для плетінки чернівецької з борошна пшеничного вищого сорту масою 0,5 кг приведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок маси сухих речовин для плетінки чернівецької з борошна пшеничного вищого сорту масою 0,5 кг

Найменування сировини	Маса сировини, кг	Вологість сировини, %	Сухі речовини	
			%	кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	14,5	85,5	85,5
Дріжджі хлібопекарські	1,5	75	25	0,375
Сіль кухонна харчова	1,3	3	97	1,261
Цукор-пісок	3,0	0,15	99,85	2,995
Маргарин	2,0	16	84	1,68
Разом	107,8			91,811

$$M_r = \frac{91,811 \cdot 100}{100 - 37,5} + 11,5 = 147,0 \text{ кг}$$

Маса води (загальна) для приготування тіста,  $M_{\text{заг}}^B$ , в кілограмах за формулою (2.2):

$$M_{\text{заг}}^B = 147 - 07,8 = 39,2 \text{ кг}$$

Витрата сировини для приготування активованої фази на 100кг борошна:

Борошно – 10кг

Вода – 20кг

Цукор-пісок – 0,5кг

Дріжджі пресовані – 1,5кг

Всього: 32,0кг

Вологість активованих дріжджів,  $W_{\text{ад}}$ , у відсотках за формулою:

$$W_{\text{ад}} = \frac{M_{\text{бад}} \cdot W_{\text{б}} + M_{\text{в}}^{\text{ад}} \cdot W_{\text{в}} + M_{\text{ц}} \cdot W_{\text{ц}} + M_{\text{д}} \cdot W_{\text{д}}}{M_{\text{ад}}} \quad (2.16)$$

$$W_{\text{ад}} = \frac{10 \cdot 14,5 + 20 \cdot 100 + 0,5 \cdot 0,15 + 1,5 \cdot 75}{32} = 70,5\%$$

Маса розчину солі в тісто,  $M_{\text{р.с}}$ , в кілограмах за формулою (2.6):

$$M_{\text{р.с}} = \frac{1,3 \cdot 100}{26} = 5,0 \text{ кг}$$

Маса води в розчині солі,  $M_{\text{в}}^{\text{р.с}}$ , в кілограмах за формулою (2.4):

$$M_{\text{в}}^{\text{р.с}} = 5 - 1,3 = 3,7 \text{ кг}$$

Маса розчину цукру в тісто,  $M_{\text{р.ц}}$ , в кілограмах за формулою (2.6):

$$M_{\text{р.ц}} = \frac{100 \cdot (3 - 0,5)}{56} = 4,46 \text{ кг}$$

Маса води в розчині цукру,  $M_{\text{в}}^{\text{р.ц}}$ , в кілограмах за формулою (2.4):

$$M_{\text{в}}^{\text{р.ц}} = 4,46 - 2,5 = 1,96 \text{ кг}$$

Маса борошна в тісто,  $M_{\text{б}}^T$ , в кілограмах за формулою (2.10):

$$M_{\text{б}}^T = 100 - 10 = 90 \text{ кг}$$

Маса води, яка вноситься при замісі тіста,  $M_{\text{в}}^T$ , в кілограмах за формулою (2.11):

$$M_{\text{в}}^T = 39,2 - 20 - 3,7 - 1,96 = 13,54 \text{ кг}$$

Пофазна рецептура приготування тіста для плетінки чернівецької з борошна пшеничного вищого сорту масою 0,5 кг приведена в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Пофазна рецептура приготування тіста для плетінки чернівецької з борошна пшеничного вищого сорту масою 0,5 кг

Сировина та напівфабрикати	Всього, кг	В активовані дріжджі, кг	В тісто, кг
Борошно пшеничне вищого сорту	100,0	10,0	90,0
Дріжджі пресовані	1,5	1,5	-
Цукор-пісок	0,5	0,5	-
Розчин солі	5,0	-	5,0
Розчин цукру	4,46	-	4,46
Маргарин	2,0	-	2,0
Вода	33,54	20,0	13,54
Активовані дріжджі	-	-	32,0
Разом	147,0	32,0	147,0

### **3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА**

#### **3.1. Техніко-економічне обґрунтування**

Устаткування, що використовується на хлібопекарних підприємствах, неможливо уявити без хлібопекарських печей, які займають тут ключове місце. Це зумовлено тією обставиною, що саме в цих пічних агрегатах відбувається завершення всього циклу процесів, пов'язаних із виготовленням хліба. Якість кінцевого продукту значною мірою залежить від процесу випікання. Отже, режим функціонування хлібопекарської печі впливає не лише на її технічні та економічні показники, але й на зовнішній вигляд, ступінь пропікання та кінцевий об'єм випеченого хліба.

Практичний досвід експлуатації та теплотехнічні випробування як українських, так і закордонних печей, обладнаних системою рециркуляції продуктів згорання, продемонстрували їх суттєві переваги над іншими видами печей. Такі печі вирізняються низькою тепловою інерційністю, що є надзвичайно важливим критерієм при доведенні до потрібного теплового режиму випікання. Активне впровадження печей із рециркуляцією димових газів протягом останніх 10-15 років привернуло пильну увагу дослідників як на території СНД, так і за кордоном, що знайшло відображення у численних наукових працях. Тематика цих досліджень охоплює різноманітні аспекти роботи печей: від удосконалення термодинамічних аспектів до детального аналізу теплових та гіротермічних явищ у робочій камері тунельного типу. Внаслідок цих випробувань були визначені економічно вигідні робочі діапазони печей, оптимальні параметри середовища у робочій зоні, а також визначено найбільш доцільні конструктивні рішення окремих вузлів та пристроїв, які можна застосувати при проектуванні пічних агрегатів цього класу.

Створення спеціалізованих печей із продуманими схемами нагріву, що забезпечують глибоке охолодження вихідних димових газів, слід вважати перспективним напрямком. Раціональне проектування та експлуатація таких печей здатні забезпечити суттєву економію тепла та паливних ресурсів, знизити

матеріаломісткість конструкції, одночасно дозволяючи виробляти продукцію найвищої якості.

Розроблювана тунельна хлібопекарська піч із площею поду 25 м<sup>2</sup> та комбінованим радіаційно-конвективним нагрівом, що працює на газоподібному та рідкому паливі, призначена для випікання широкого спектру подових сортів пшеничного хліба, а також дрібної хлібобулочної продукції на підприємствах хлібопекарної галузі. Вона може інтегруватися як самостійний елемент обладнання чи як частина автоматизованих ліній.

Конструктивне рішення печі базується на аналізі інформації, отриманої при вивченні печей, вироблених фірмами «Werner und Pfleiderer» та «Turdulenzoven» (фірма Winkler), а також на дослідженні конструктивних особливостей та досвіду експлуатації вітчизняних тунельних хлібопекарських печей моделей БН-25, ППЦ-25 та ГЧ-ПХЗС-25.

Піч має уніфіковані базові секції пекарної камери з піччю моделі А2-ХПН-50.

Ключовим елементом модернізації став парозволожувальний пристрій: шляхом зменшення кількості перфорованих трубок удвічі (з чотирьох до двох) досягнуто двократного скорочення подачі пари для зволоження заготовок. Такої кількості пари буде цілком достатньо для отримання високоякісних виробів. Умовна витрата пари після модернізації склала 11,2 кг на кілограм готової продукції для різноманітних подових сортів хліба вагою 0,5 кг із борошна першого гатунку.

Подальший аналіз економічної доцільності підтверджує переваги запропонованого методу впровадження, оскільки він вимагає значно менших витрат за наступними статтями калькуляції порівняно з базовими аналогами:

- 1) Витрати на підтримання та поточний ремонт обладнання;
- 2) Конструкція є простішою відносно аналога та легшою в управлінні, що не вимагає висококваліфікованого персоналу для експлуатації;

3) Продуктивність нової печі при випіканні нарізних батонів масою 0,4 кг становить 600 кг/год, тоді як аналог БН-25 видає 420 кг/год, що забезпечить зростання пропускної здатності пакувальної лінії;

4) Зниження рівня споживання пари;

5) Зменшення енергетичних витрат.

У конструкції оновленої печі використовуються стандартні компоненти та уніфіковані складальні одиниці та деталі, що відповідають Державному стандарту України.

Головним техніко-економічним результатом цієї модернізації стане задоволення потреб харчової індустрії України у вітчизняних тунельних хлібопекарських печах без необхідності спрямування конвертованої валюти на їх імпортне придбання.

Таблиця. 3.1 – Техніко-економічні показники проекту по впровадженню

Показники	Значення
Сума додаткових інвестицій, грн.	5700
Сума додаткового прибутку, грн.	5952
Чистий грошовий потік, грн.	2511,5
Чиста теперішня вартість за весь цикл проекту, грн.	6103,4
Індекс доходності	2,5
Дисконтований період повернення інвестицій, роки	2
Індекс прибутковості	3,5

З аналізу випливає, що модернізація зони зволоження є виправданою у процесі виробництва хліба, оскільки така реконструкція дозволяє суттєво знизити витрати на експлуатацію, електроенергію та пару. Розрахунки підтверджують економічну доцільність, зокрема значення індексу доходності становить 0,35, дисконтований період повернення інвестицій — 4,9 року, а

індекс прибутковості — 1,35. Таким чином, впровадження проєкту є доцільним. Технічне вирішення для зони гіротермічної обробки випікання виробів Дослідження підтвердили, що для отримання якісної продукції необхідно забезпечити конденсацію пари на поверхні тістових заготовок у кількості 0,14–0,16 кг/м<sup>2</sup>. Такий обсяг вологи може сконденсуватися за 90–100 секунд при температурі 100–110 °С. Для забезпечення відповідного технологічного режиму в конструкції печі застосовується виносна незігріта камера гіротермічної обробки довжиною 800–900 мм із пристроєм для відділення та відведення конденсату. Технічне вирішення щодо системи обігріву Практичний досвід УкрНДПродмаш та міжнародних компаній свідчить про ефективність використання примусової конвекції в тунельних хлібопекарських печах для випічки виробів масою до 0,5 кг. Це дозволяє зменшити тривалість випікання в середньому на 0,5 %. На основі цього розроблені варіанти печей, які дозволяють створювати конструкції на основі модульних секцій з радіаційно-циклотермічним або радіаційно-конвективним обігрівом пекарної камери.

### 3.2. Будова та принцип дії

Конструкція печі виконана за блоковим принципом і є агрегатом тунельного типу з каналним обігрівом, системою рециркуляції пароповітряної суміші (рис.3.1).

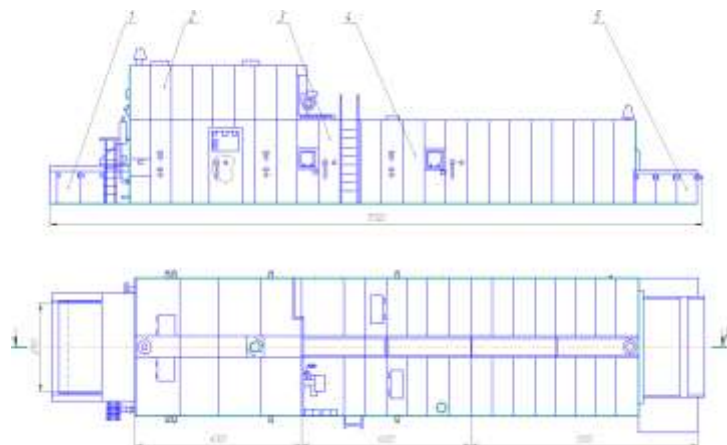


Рис.3.1 Піч тунельна марки А2-ХПН-25:1 – станція натяжна, 2 – камера паливна, 3 – камера радіаційна, 4 – камера кінцева, 5 – станція приводна

Піч складається з уніфікованих секцій, які з'єднані в певній послідовності з топковими блоками. Топковий блок є завершеним функціональним елементом, оснащеним автономним контуром обігріву. Конструкція печі включає: один топковий блок із вентилятором рециркуляції та газовим пальником, камеру розподілу нагрітих газів, три секції з каналами для радіаційного обігріву та одну секцію радіаційно-конвективного обігріву, сітчастий конвеєр, привідну станцію, регульовальну станцію, зволожуючий пристрій, щит управління та теплоізоляцію. Хлібопекарна тунельна піч із площею пода 25 м<sup>2</sup> та радіаційно-конвективним нагріванням, яка працює на газоподібному й рідкому паливі, призначена для випікання широкого спектру пшеничних подових сортів хліба, а також дрібних хлібобулочних виробів. Її можна використовувати на підприємствах хлібопекарної галузі в складі комплектів обладнання або автоматизованих ліній. Топковий блок включає такі компоненти: топку для спалювання газу, газогорілочний пристрій, камеру для змішування продуктів згоряння з відпрацьованими газами та вентилятор рециркуляції. Топка складається з двох циліндрів – внутрішнього для спалювання палива та зовнішнього, який переходить у камеру змішування. Частина відпрацьованих газів подається по зовнішньому циліндру в камеру змішування, де вони охолоджують стінки внутрішнього циліндра і змішуються з гарячими газами, знижуючи їх температуру.

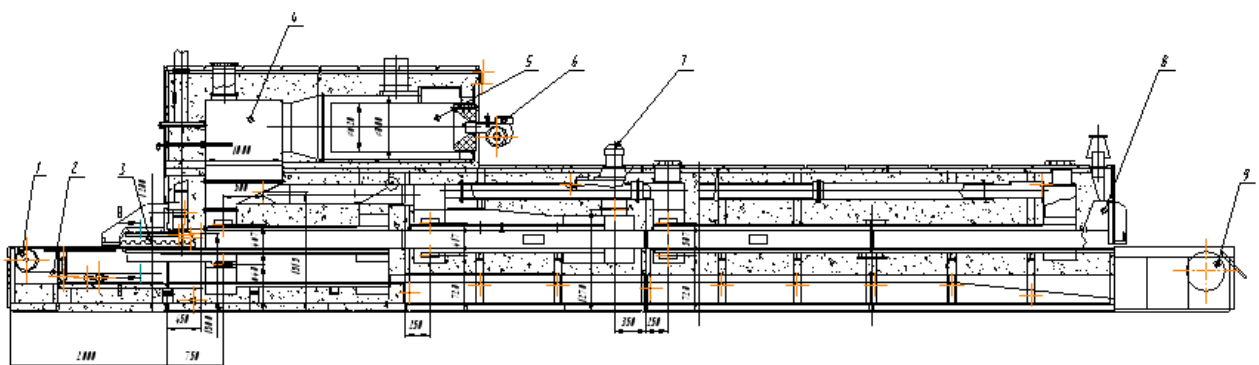


Рис.3.2. Розріз печі А2-ХПН-25: 1 – натяжний барабан, 2 – сітчастий под, 3 – зволожувач, 4 – камера змішування, 5 – газовий пальник, 6 – вентилятори рециркуляційні, 7 – конвективний вентилятор, 8 – витяжка, 9 – привідний барабан.

Камера змішування призначена для рівномірного розподілу потоків і вирівнювання швидкостей гріючих газів. Топка та камера змішування знаходяться під дією розрідження, створюваного вентилятором (7). Ступінь розрідження регулюється двома заслінками: одна розміщена на витяжній трубі, інша — на нагнітаючому патрубку вентилятора, що з'єднує його з топкою (рис. 3.2). Пекарна камера (12) має висоту 240 мм і довжину 12 000 мм, складається з трьох секцій: двох із радіаційним обігрівом та однієї із радіаційно-конвективним нагрівом. Через камеру проходить робочий сегмент сітчастого конвеєра (2) шириною 2 100 мм (рис. 3.2). Камера поділена на три теплові зони. Гріючі гази потрапляють до першої, другої та третьої зон через розподільчі коробки, з'єднані з камерою змішування теплового блоку. Перша і третя зони виконані як радіаційні, тоді як друга — радіаційно-конвективна. У цій секції з радіаційно-конвективним обігрівом встановлений вентилятор рециркуляції ППС (6), який забирає повітря з пекарної камери, нагріває його та подає назад. Нагріте повітря спрямовується зверху на вироби, що випікаються, через соплову систему, розташовану поперек руху конвеєра у верхньому гріючому каналі. Повітря подається крізь трубки, інтегровані в систему обігріву. Частина повітря, яке всмоктується вентилятором, може бути примусово видалена в атмосферу; її кількість регулюється заслінкою. Для компенсації температурних деформацій конструкції, у кінці передньої секції радіаційного обігріву встановлено компенсатор. Гріючі канали в пекарній камері виконані таким чином: у радіаційних секціях їх висота становить 50 мм, у радіаційно-конвективних — верхній канал має висоту 80 мм, а нижній — 50 мм. Розподіл потоків гріючих газів між каналами секцій здійснюється за допомогою заслінок. У першу секцію гази подаються в канали з обох боків (правого й лівого), а в інші — тільки з одного боку із відбором з протилежного боку. Відпрацьовані гази з кожної теплової зони через систему відвідних коробів направляються на вентилятор рециркуляції. На початку пекарної камери передбачено зону гігротермічної обробки виробів. У цій зоні розташований

зволожуючий пристрій (3), що являє собою конструкцію з системи перфорованих труб (рис. 3.2).

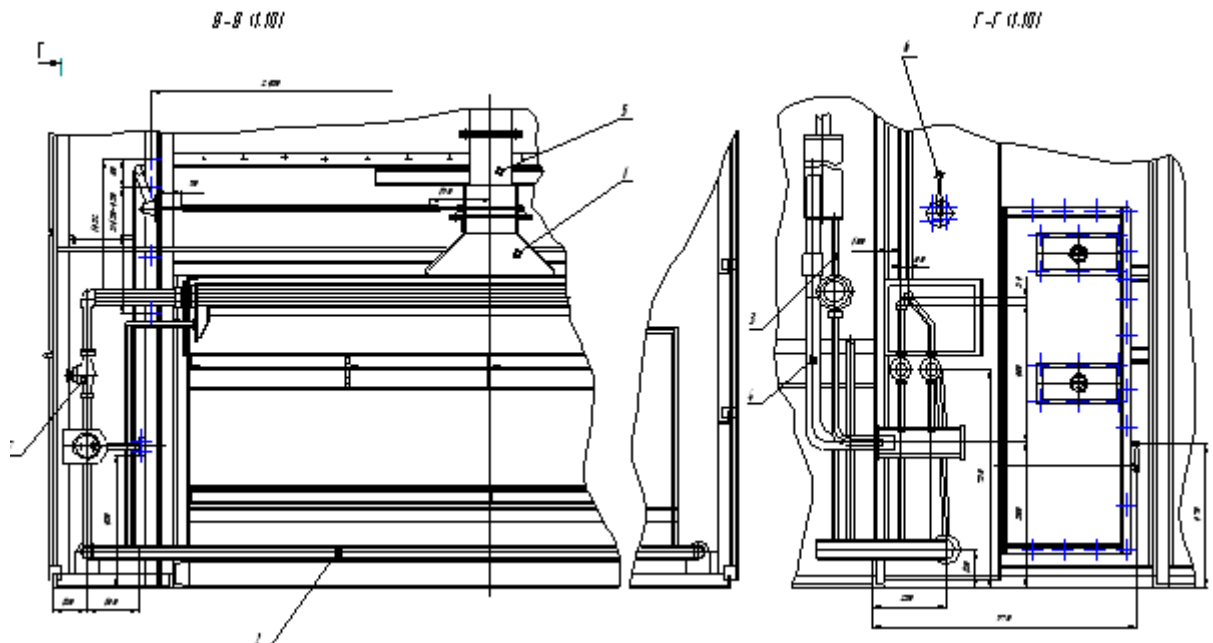


Рис. 3.3. Зона гіротермічної обробки: 1 – витяжка, 2 – конденсат на трубі, 3 – труба, 4 – парова труба, 5 – витяжна труба, 6 – перемикач, 7 – вентиль.

На вході та виході із пекарної камери встановлені витяжні зонти (8), обладнані жолобами для збору конденсату та зливними трубами (рис.3.2).

Для візуального контролю за процесом випікання в пекарній камері в кожній секції передбачаються оглядові віконця з лампами підсвічування, включення яких здійснюється кнопками, що розташовані на обшивці печі поруч з віконцями.

### **Робота печі.**

Функціонування печі полягає у нагріванні її робочого об'єму до заданих температур з подальшим запіканням виробу та його транспортуванням конвеєром. Перед початком роботи, на панелі керування, за допомогою кнопок активують двигун конвеєра, товкуючий вентилятор і рециркуляційний вентилятор.

Згідно з технологічними інструкціями щодо виготовлення конкретного виду продукції, встановлюється необхідна тривалість випікання. Моніторинг

цього параметра здійснюється візуально через цифровий дисплей на пульті управління. Відповідно до технологічного регламенту, задається потрібний тиск пари у системі зволожувального пристрою.

Після досягнення встановлених температурних показників у зонах випікання, відбувається завантаження сітчастої стрічки конвеєра печі. Орієнтовні температурні значення за зонами нагріву під час випікання хлібобулочних виробів, залежно від асортименту:

зона нагріву I до 300 °С

зона нагріву II 260 +280 °С

зона нагріву III до 240 °С

При цьому на першу та другу зони камери припадає близько 60–70% використаного тепла. Це пояснюється значними витратами теплової енергії на розігрів та обсмажування тістових заготовок, нагрівання сітки конвеєра, а також повітря, що потрапляє у піч разом із заготовками.

Робота елементів конструкції.

Блок регулювання призначений для контролю натягу сітчастої стрічки конвеєра і складається з переднього вузла та регулюючого вузла, з'єднаних болтами.

Передній вузол містить зварний каркас, на якому закріплено натяжний барабан.

Регулюючий вузол складається зі зварного каркаса та роликів, розміщених у пазах, які слугують для коригування положення сітки на барабані та її сходження по довжині барабана.

Камера зволоження являє собою короб з перфорацією для розподілу пари у його нижній частині. До короба підведено паропровід, оснащений вентилями для контролю витрат пари. Камера монтується на рамі секції регулювання. Частина парового ковпака заходить у простір випікальної камери передньої секції. Передня секція є першою секцією камери печі. Нагрів секції відбувається за рахунок теплового випромінювання від розпечених поверхонь нижнього та верхнього каналів нагріву, що регулюється за допомогою заслінок

(шиберів). У секції передбачено додатковий канал для обігріву зворотного ходу конвеєра. Подача гарячих газів керується засувками. Подвійний нижній канал випікальної камери подає тепло у зону парового зволоження.

Секція топки складається з камери згорання, змішувальної камери, патрубків для відведення газів, каналів видалення пари та каналів рециркуляційного вентилятора. Секція оснащена циркуляційним вентилятором ВЦ14-46-4-0ІА та двопровідним газовим пальником низького тиску АБГ-Г-0, 34РП.

Внутрішня частина циліндра топки слугує камерою спалювання газів. З боку пальника до неї прилягає вогнетривкий камінь із центральним конусним отвором, вміщений у металевий кожух. Кожух має фланці, до яких болтами кріпляться пальник і фланець топки.

Зовнішній циліндр топки, довший, переходить у конічний звужувач (конфузор), а потім у короткий патрубок із фланцем для стикування топки зі змішувальною камерою. Просторова порожнина між циліндрами — це охолоджувальна сорочка камери згорання, куди через патрубок під тиском циркуляційного вентилятора надходять відпрацьовані гази.

Змішувальна камера утворена у вигляді коробчатого бункера з двома нижніми патрубками для симетричного відведення нагрівальних газів у лівий та правий розподільні коробки. З верхньої стінки змішувальної камери виведено два вертикальні коробки угору, отвори яких перекриті азбестовими прокладками та обладнані легкодоступними кришками. Ці коробки виконують функцію запобіжних пристроїв від вибуху (вибухові клапани). Вздовж усієї випікальної камери розміщені отвори для виведення пароповітряної суміші, яка транспортується трубами, з'єднаними із зовнішнім циліндром димової труби. Витяжна труба складається з двох концентричних циліндрів: внутрішній слугує для виведення залишкових відпрацьованих газів, а кільцевий простір між ними — для видалення залишкової пари з випікальної камери.

Циркуляційний вентилятор та електродвигун монтуються на металевій рамі, яка болтами приєднана до каркаса секції. Робоче колесо вентилятора

встановлене на консольному валу з підшипниковими опорами. Передача обертання від двигуна до валу робочого колеса здійснюється клинопасовою передачею. Конвекційна секція являє собою зварну конструкцію, що складається з двох розташованих один над одним секцій плоских каналів гріву, які сполучені пластинами, привареними до їхніх бокових стінок. Простір між цими каналами та стінками формує частину випікальної камери.

Основою для випікальної камери слугують теплоізоляційні опори, які спираються на швелерні балки каркаса секції.

Вузол привідної станції кріпиться до каркаса біля торцевої секції печі. Приводна станція складається зі зварної рами, на якій у підшипниках кочення встановлені приводний барабан та відхиляючий ролик. Приводна станція обладнана приводом, що включає електродвигун, варіатор та редуктор. Передача крутного моменту від двигуна до варіатора — клинопасова, від варіатора до редуктора та від редуктора до приводного барабана — ланцюгова.

Для термінового звільнення конвеєра від продукції станція має ручний привід. При цьому для розриву механічного зчеплення ручного приводу з варіатором та електродвигуном, зірочка проміжного вала забезпечена обгінною муфтою.

### 3.3. Розрахунок і проєктування тунельної печі А2-ХПН-25

#### 3.3.1. Вихідні дані

Розрахунки проводяться стосовно випічки подового житньо-пшеничного українського нового вагою 1 кг.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані щодо випікаємого виробу

Маса холодного виробу кг, $M_{\text{вир}}$	1,00
Усушка %, $u_{\text{с}}$	4,00
Упікання, віднесене до маси тіста заготівки %, $U$	10,8
Вологість тіста %, $W_{\text{тіс}}$	46,3
Вміст скоринки в сухій масі г/ кг, $g_{\text{ск}}$	0,3085
Температура: °С, тіста, $T_{\text{тіс}}$	29

скоринки (кінцева), Тск	140
м'якуша (кінцева) Тмк	98
максимальна в пекарній камері, Тпк max	310
мінімальна в пекарній камері, Тпк min	220
Тривалість випікання, хв.: Zвип	44
Кількість виробів на поду (8x46) шт, Квир	368
Вага: кг гарячого виробу,	$M_{гвир} = M_{вир} / (1 - u_{с} / 100) = 1(1 - 4 / 100) = 1,0417$ кг.
Вага: кг тістової заготовки,	$M_{тіс} = M_{вир} / [(1 - U_{100})(1 - u_{с} / 100)] = 1 / [(1 - 10,8 / 100)(1 - 4 / 100)] = 1,678$ кг.
Вага: кг сухих речовин у виробі,	$M_{сух} - M_{тіс} (1 - W_{тіс} / 100) = 1,1678(1 - 46,3 / 100) = 0,6271$ кг.
вологи упікання з одного виробу,	$M_{уп} = M_{тіс} - M_{гвир} = 1,1678 - 1,0417 = 0,1261$ %
залишкова волога у гарячому виробі,	$M_{звг} = M_{гвир} - M_{сух} = 1,0417 - 0,6271 = 0,4146$ %

Таблиця 3.3 – Вихідні дані по паливу (природній газ середнього складу)

Вміст азоту, %	1,00
Теплотворна властивість робочого палива: стандартна (20°C), МДж/м <sup>3</sup> , Qср	33,54
нормальна (0°C), МДж/м <sup>3</sup> , Qср	36,00
Повітронеобхідність, кг/м <sup>3</sup>	9,639
Макс. вміст 3-х атомних газів, CO <sub>2</sub> max в продуктах горіння, %	11,76
Теоретич. вміст парів води, H <sub>2</sub> Oтеор в продуктах горіння, кг/м <sup>3</sup>	2,002

Примітка: ці дані застосовуються для і-t діаграми і звичайних об'ємів продуктів згоряння (відповідно до коефіцієнта надмірного повітря).

Таблиця 3.4 – Вихідні дані для печі

Довжина пекарної комірки, м, Lпк	12,00
Ширина сітки конвеєра, мм, Вкон	2100
Ширина пекарної комірки, мм, Впк	2200
Висота бокових огорож печі, м, Ноб	1,85
Ширина огорож печі, м, Воп	3,40
Довжина топкової секції, м, Lтс	4,00
Довжина топки, м, Lтоп	2,50
Висота топкової секції, м, Нтс	1,30
Вага 1 пог. м. сітки конвеєра, кг, gсіт	12,0
Ефект, товщина теплоізоляції огорож печі, мм, вертикальних, бпвер	500

верхн. гор: а) над нагрівуючим каналом бвгк (Вкан=Впіч-2-Вк=2,2 м)	750
нижніх горизонтальних, бнгк	300
комірки змішування: вертикальних, бкм	350
верхи, горизонтальних, бпгор	450
охолоджуючої топки: вертикальних, бтоп	350
верхн.горизонтальних, бпгор	450
Усереднені промислові дані по умовам експлуатації тоннельних печей пл. пода 25 м2 температура (середня, зимова). С:	
цехового повітря, Тпов	20
стіни виробничого приміщення, Тстц	17
потолок виробничого приміщення, Тст	26
підлога виробничого приміщення, Тпід	18
повітря горіння, Тповг	26
Температура (середня), °С:	590
з камері змішування, Ткз	
вихідних газів, Тух	320
сітки конвеєра початкова, Тсп	40
Вологовміст, г/кг.:	10
виробничого повітря (середня, зимова), дпов	
середовища (ППС) в пекарній камері (середня), дппс	630
Коефіцієнт залишку повітря (середній):	
в топці	1,17
У вихідних газах	2,70

### 3.3.2. Визначення продуктивності печі

Продуктивність по холодним виробам, кг/год. розраховуємо за формулою:

$$P_{вир} = \frac{M_{вир} \cdot 60}{Z_{вир}} = \frac{368 \cdot 60}{44} = 501,8 \text{ кг/год} \quad (3.1)$$

Продуктивність по гарячим виробам, кг/год. розраховуємо за формулою:

$$P_{г.вир} = \frac{M_{г.вир} \cdot M_{вир} \cdot 60}{Z_{вир}} = \frac{1,0417 \cdot 368 \cdot 60}{44} = 522,7 \text{ кг/год} \quad (3.2)$$

Визначення витрат тепла в пекарній камері печі.

Витрати на нагрів сухих компонентів і залишкової вологи гарячих виробів, кДж/ кг, розраховуємо за формулою:

$$Q_{г.вир} = P_{г.вир} \left[ C_{св} \left( \frac{M_{сух}}{M_{г.вир}} \right) \left[ (q_{ск}(T_{кк} - T_{тис})) + (1 - q_{ск})(T_{мк} - T_{тис}) + C_{в} \left( \frac{M_{звг}}{M_{г.вир}} \right) (T_{мк} - T_{тис}) \right] \right] \quad (3.3)$$

$$Q_{г.вир} = 522,7 \left[ 1,47(0,627/1,0417) \left[ (0,3085(140 - 29)) + (1 - 0,3085)(98 - 29) + 4,19(0,414/1,0417)(98 - 29) \right] \right] = 102081 \text{ кДж/кг}$$

Витрати на випаровування вологи опіку і нагрів пари до кінцевої температури корки. Ентальпія перегрітого пара при  $T=T_{кк}$ , кДж/ кг,

$$I_{пп}(T_{кк})=I_{пп}(140)=2756,6. \text{ кДж/ кг.}$$

Витрати на випаровування вологи і нагрів пари, кДж/ г,

$$Q_{вип} = P_{г.вир} \cdot \frac{M_{оп}}{M_{г.вир}} \cdot [I_{пп} - C_{в} \cdot T_{тис}] \quad (3.4)$$

$$Q_{вип} = 522,7 \cdot \frac{0,1261}{1,0417} \cdot [2756,6 - 4,19 \cdot 29] = 166733 \text{ кДж/кг}$$

Чисті витрати на випічку виробів (витрати на випічку в ідеальній печі), кДж/ г,

Витрати на перегрів парів опіку і половини об'єму зволожуючої пари до середньої температури пекарної камери.

Середня температура в пекарній камері, °С,

$$T_{пк ср} = 0,5C(T_{пк max} + T_{пк min}) = 0,5(310 + 220) = 265^{\circ}\text{C}$$

Ентальпія перегрітої пари при  $T=T_{пкср}$ , кДж/ кг,

$$I_{пп}[T_{пкср}] = I_{пп}[265] = 3004 \text{ кДж/ кг}$$

Ентальпія насиченої пари при  $T= 100^{\circ}\text{C}$ , кДж/кг,

$$I_{пп}[100] = 2676,3.$$

$$Q_{вип} = Q_{звир} + Q_{вип} = 102081 + 166733 = 268814. \text{ кДж/ кг}$$

Витрати на перегрів видаляємих парів, кДж/ кг,

$$Q_{пп} = P_{г.вир} \left[ \left( \frac{M_{оп}}{M_{г.вир}} \right) (I_{пп} - I_{кк}) + 0,5q_{п.віг} ((I_{пп} - I_{нк})) \right] \quad (3.5)$$

$$Q_{пп} = 522,7 \left( \frac{0,1261}{1,0417} \right) (3004 - 2756,6) + 0,5 \cdot 0,18(3004 - 2676,3) = 31070 \text{ кДж/кг}$$

Витрати на нагрів вологого вентиляційного повітря до середньої температури пекарної камери.

Витрати цехового повітря, яке проникає в пекарню камеру при видаленні парів (витрати вентиляційного повітря), кг/год, розраховується за формулою:

$$G_{\text{пов}} = P_{\text{г.вир}} \left( \frac{M_{\text{оп}}}{M_{\text{г.вир}}} + 0,5g_{\text{пвп}} \right) (1000 + d_{\text{пов}}) / (d_{\text{пк}} - d_{\text{пов}}) \quad (3.6)$$

$$G_{\text{пов}} = 522,7 \left( \frac{0,1261}{1,0417} + 0,5 \cdot 0,18 \right) (1000 + 10)(630 - 10) = 179,7 \text{ кг/год}$$

ентальпія повітря, кДж/ кг:

$$\text{цехового } \Gamma_{\text{пов}}[T_{\text{пов}}; d_{\text{пов}}] = \Gamma_{\text{пов}}[20; 10] = 45,0 \text{ кДж/ кг}$$

$$\text{видаляемого } \Gamma''_{\text{пов}}[T_{\text{пкск}}; d_{\text{пов}}] = \Gamma''_{\text{пов}}[265; 10] = 294,4 \text{ кДж/ кг}$$

Витрати на нагрів вентиляційного повітря, кДж/ г, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{вен}} = G_{\text{пов}}(\Gamma_{\text{пов}} - \Gamma''_{\text{пов}}) = 179,7(293,4 - 45) = 44637 \text{ кДж/кг}$$

Витрати на нагрів сітки конвеєра.

Швидкість ходу сітки конвейєра, м/год, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{кон}} = G_{\text{под}} \cdot \frac{60}{\tau_{\text{вип}}} = 12 \cdot \frac{60}{44} = 16,36 \text{ м/год}$$

Кінцева температура сітки, °С,

$$t_{\text{сіт}} = 0,5(t_{\text{кк}} + t_{\text{пк.min}}) = 0,5(140 + 220) = 180^{\circ}\text{С}$$

Витрати на нагрів сітки конвеєра, кДж/ кг,

$$Q_{\text{конв}} = g_{\text{сіт}} V_{\text{конв}} C_{\text{ст}}(t_{\text{ск}} - t_{\text{сп}}) = 12 \cdot 16,36 \cdot 0,48(180 - 48) = 13193 \text{ кДж/кг}$$

Сукупні витрати теплової енергії в пекарній камері, кДж/кг,

$$\begin{aligned} Q_{\text{пк}} &= Q_{\text{вил}} + Q_{\text{пп}} + Q_{\text{вен}} + Q_{\text{конв}} = 268814 + 31070 + 44637 + 13913 \\ &= 357714 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

Втрати тепла огороженнями печі.

Внутрішня температура теплоізоляції огорож  $t_{\text{вн}}$  визначається по наближеним емпіричним формулам, враховуючи температуру газу на виході та вході з каналу, а також розташування каналів, відносно огорож і інших каналів.

Середня температура зовнішньої поверхні огорож  $t_{\text{ст}}$  знаходиться в результаті низки послідовних наближень, після кожного з яких обчислюється .

Середня температура теплоізоляції  $t_{ізср}, ^\circ\text{C}$

$t_{ізср} = 0,5 \cdot (t_{вн} + t_{ст})$ ; середній коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ ,

Густина теплового потоку через теплоізоляцію,  $\text{Вт}/\text{м}$ ,

$$\rho_{із} = kt_{із}(t_{вн} - t_{ст})/\sigma_{із} \quad (3.7)$$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{рад})$ ,

$$\alpha_{повн} = Y_o(\alpha_{ат} - \alpha_{вг})I_{пов}Y_{пов} = 9,639(2,7 - 1,14)45 \cdot 1,99 = 797 \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{рад})$$

Питома ентальпія повітря горіння,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ,

$$I_{пов.г} = 1,005 \cdot 26(2491 + 1,967 \cdot 26) \cdot 10(1000 + 10) = 51,3 \text{кДж}/\text{кг}$$

Ентальпія повітря горіння, віднесена до  $I_{нм^3}$  газу,  $\text{кДж}/\text{м}^3$

$$\alpha_{пов.г} = V_o \cdot \alpha_{ат} \cdot I_{пов.г} \cdot Y_{пов.г} = 9,639 \cdot 1,17 \cdot 51,3 \cdot 1,0174 = 679,2 \text{кДж}/\text{м}^3$$

Необхідні витрати палива – газу,  $\text{Нм}^3/\text{год}$ ,

$$B = \frac{Q_{пич}}{(Q_{нр} + J_{пов.г} + J_{пов.п} \cdot J_{ух})} = 413 \cdot \frac{788}{3} \cdot (6000 + 679,2 + 795,7 \cdot 11924) \\ = 16,19 \text{Нм}^3/\text{год}$$

Втрати тепла з ухідними газами,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ,

$$Q_{ух} = B \cdot (\alpha_{ух} - \alpha_{пов.г} - \alpha_{пов.п}) = 16,19(11924 - 679,2 - 795,7) \\ = 169220 \text{кДж}/\text{кг}$$

### 3.3.3. Тепловий баланс печі

Повні витрати теплової енергії,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ,

$$Q_{повн} = B \cdot Y_{нр} = 16,19 \cdot 36000 = 582840 \text{кДж}/\text{кг}$$

Густина теплового потоку з поверхні у довкілля,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ ,

$$\rho = \alpha_{он}(T_{ст} - T_{ов}) + \alpha_{випр}(T_{ст} - T_{оп}) \quad (3.8)$$

Примітка: умовою завершення процесу послідовного визначення середньої температури поверхні і густини теплового потоку є дотримання рівності:  $q=q_{із}$

Питомі витрати палива (газу),  $\text{Нм}^3/\text{кг}$ ,

$$B_{пит} = \frac{B}{P_{г.вир}} = \frac{16,1}{9} \cdot 522,7 = 0,031$$

Питомі витрати енергії, кДж/ кг,

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q_{\text{пов}}}{P_{\text{г.вир}}} = \frac{538008}{522,7} = 1029 \text{ кДж/ кг}$$

Питомі витрати умовного палива, кг/ т,

$$q_{\text{ум}} = \frac{q_{\text{пит}}}{O_{\text{пал}}} = \frac{1029}{29.309} = 35.1 \text{ кг/т}$$

Коефіцієнт корисної дії печі при випіканні подового житньо-пшеничного хліба,

$$\eta = 100(Q_{\text{вип}}/Q_{\text{піч}}) = 100(268814/583008) = 46,1\%$$

Визначення параметрів газу в камері змішування і кратності рециркуляції продуктів згоряння.

Питома ентальпія продуктів горіння у топці, кДж/Нм<sup>3</sup>,

$$I_{\text{гор}} = 0,995(Q_{\text{нр}} + \alpha_{\text{пов.г}}) = 0,995(36000 + 679,2) = 36496 \text{ кДж/Нм}^3$$

Коефіцієнти рециркуляції і надлишку повітря в суміші продуктів горіння з рециркулятором знаходяться методом послідовних наближень до співпадання результатів визначених по двом формулам:

$$Kp = (I_2 \cdot \alpha_{кз}) / (I_{кз} \cdot \alpha_{ух});$$

$$Kp = (\alpha_{кс} \cdot \alpha_{т}) / (\alpha_{ух} \cdot \alpha_{кс}).$$

В результаті знайдено:  $\alpha_{кс} = 2,251$ ;  $\alpha_{Кр} = 2,411$ , що і перевіряється наступним розрахунком.

Визначення числа обертів барабана

$$n_1 = V/\pi d = 0,2/1,17 = 0,17 \text{ об/хв} = 0,028 \text{ с}^{-1}$$

$$n_2 = V/\pi d = 1,2/1,17 = 1,03 \text{ об/хв} = 0,071 \text{ с}^{-1}$$

Визначення загального передатного числа і передатного числа ланцюгових передач. В кінематичній схемі застосовується варіатор ВЦ-3Н2-6,3 при  $n = 750 \text{ об/хв}$ .

При цьому для варіатора  $n_{\text{вух.min}} = 295 \text{ об/хв}$ ,  $n_{\text{вух.max}} = 1880 \text{ об/хв}$ .

$$I_{\text{заг.min}} = 295 / 0,17 = 1735,$$

$$I_{\text{заг.max}} = 1880 / 1,03 = 1825,$$

*I заг. приймається 1755*

Передатне число редуктора  $I_{ред.} = 205$

$I_{вар.ред.} = 207$ ;  $Z_1 = 29$ ,  $Z_2 = 14$ ,  $t = 38$ .

$I_{ред. вар} = I_{заг} / I_{ред вар}$ .

$I_{ред.ланц.} = 1,88$ ,  $Z_3 = 32$ ,  $Z_4 = 17$ ,  $Z = 25,4$

$I_{ланц. вар} = 2,2$ ,  $Z_5 = 33$ ,  $Z_6 = 15$ ,  $Z = 19,5$

### 3.3.4. Добір підшипників приводного валу печі

Наведене навантаження в місцях встановлених підшипників:

$$R_A = \sqrt{(R_A^{X^2}) + (R_A^{Y^2})} = \sqrt{541^2 + 2564,5^2} = 2621H$$

$$R_B = \sqrt{(R_B^{X^2}) + (R_B^{Y^2})} = \sqrt{84^2 + 600,1^2} = 606H$$

Більш навантажена опора А.

У зв'язку з тим, що частота обертання  $n = 1,03 > 1$  об/хв. Вибір підшипників робимо по динамічній вантажопідйомності.

$$P = V \cdot R \cdot D_{пр} \cdot K_b \cdot K_T \quad (3.9)$$

$$P = 1 \cdot 2621 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2752H$$

де  $V = 1$ , бо обертається внутрішнє кільце підшипника.

$K_b = 1$  – коефіцієнт безпеки.

$K_T = 1,05$  – температурний коефіцієнт.

Потрібна динамічна вантажопід'ємність:

$$Q_{дин} = P^\sigma \sqrt{t \cdot n \cdot 60 / 10^6} = 2752^{0,33} \sqrt{32000 \cdot 1,03 \cdot 60 / 10^6} = 14371H$$

Приймаємо підшипники радіальні однорядні середньої серії №305  
 $C = 17600 > 14371H$ .

### 3.3.5. Розрахунок конвеєра

Визначення зусиль на конвеєрі.

Натяг у т. 0

$$S_o = g_c \cdot \pi \cdot D \cdot K / 2 \quad (3.10)$$

де  $g_c$  – вага сітки. (18,5)

$D$  – діаметр барабана ( $D = 372$ )

$K$  – коефіцієнт, котрий враховує зусилля при повороті на  $180^\circ$

$$S_0 = 18,5 \cdot 3,14 \cdot 0,375 \cdot \frac{1,05}{2} = 10,8 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 1 – 2

$$S_1 = S_0 + W_{0-1}, W_{0-1} = g_c \cdot L \cdot K_2 \quad (3.11)$$

де  $L$  – довжина ділянки.

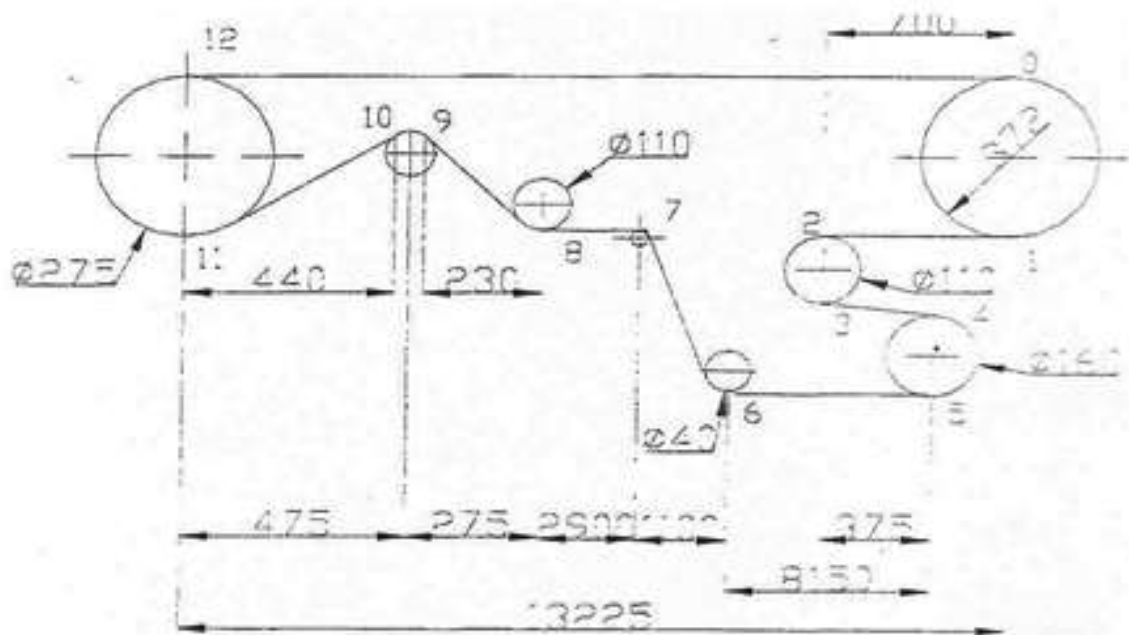


Рис. 3.1. Схема конвеєра

$K_2=1$  (тертя немає).

$$S_1 = 10,8 + 18,5 \cdot 0,7 = 23,75 \text{ кгм} = 237,5 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 2–3

$$S_2 = S_1 + g_c \cdot \pi \cdot D_2 \cdot \frac{K}{2} = 23,75 + 18,5 \cdot 3,14 \cdot 0,11 \cdot \frac{1,05}{2} = 27,1 \text{ кгм} = 271 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 3–4

$$S_3 = S_2 + g_c \cdot L \cdot K = 27,1 + 18,5 \cdot 0,375 \cdot 1 = 34,04 \text{ кгм} = 340,4 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 4–5

$$S_4 = S_3 + g_c \cdot \pi \cdot D_3 \cdot \frac{K}{2} = 34,04 + 18,5 \cdot 3,14 \cdot 0,16 \cdot \frac{1}{2} = 38,7 \text{ кгм} = 387 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 5–6

$$S_5 = S_4 + g_c \cdot L \cdot K = 38,7 + 18,5 \cdot 8,15 \cdot 1,15 = 216,34 \text{ кгм} = 2163,4 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 6–7

$$S_6 = S_5 + g_c \cdot L \cdot \frac{K}{\cos 200} = 213,34 + 18,5 \cdot 1,1 \cdot \frac{1}{0,94} = 2390 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 7–8

$$S_7 = S_6 + g_c \cdot L \cdot K = 239,2 + 18,5 \cdot 2,9 \cdot 1,15 = 3010 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 8–9

$$S_8 = S_7 + g_c \cdot L \cdot \frac{K}{\cos 300} = 561,9 + 18,5 \cdot 0,23 \cdot \frac{1}{0,5} = 305,9 \text{ кгм} = 3059 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 9–10

$$S_9 = S_8 + g_c \cdot \pi \cdot D4 \cdot \frac{K}{2 \cdot 3} = 305,9 + 18,5 \cdot 3,14 \cdot 0,11 \cdot \frac{1}{6} = 307 \text{ кгм} = 3070 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 10–11

$$S_{10} = S_9 + g_c \cdot \frac{L}{\cos 200} = 307 + 18,5 \cdot \frac{0,44}{0,97} = 315,4 \text{ кгм} = 3154 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 11–12

$$S_{11} = S_{10} + g_c \cdot \pi \cdot \frac{D4}{2} = 315,4 + 18,5 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,275}{2} = 323,65 \text{ кгм} = 3236,5 \text{ Нм}$$

Натяг на ділянці 12–0

$$S_{12} = S_{11} + g_c \cdot L \cdot K + 2g_T \quad (3.12)$$

де  $g_T$  – вага тістових заготовок (550 кг)

$$S_{12} = 323,65 + 18,5 \cdot 13,225 \cdot 1,15 + 1100 = 1155 \text{ кгм} = 11550 \text{ Нм}$$

Визначення зусилля на вихідному валу редуктора

$$M_{пр} = W_p \cdot \frac{D_{зв}}{2} \quad (3.13)$$

$$W_p = \frac{S_{12}}{(\eta_{лп} \cdot \eta_{підш})} = 1241 \text{ кгм} = 12410 \text{ Нм}$$

де  $W_p$  – зусилля на зірочці редуктора,

$D_{зв}$  – діаметр зірочки на редукторі ( $D_{зв} = 171,22 \text{ мм}$ )

$$M_{пр} = 1241 \cdot \frac{0,17122}{2} = 106 \text{ кгм} = 1060 \text{ Нм}$$

Обираємо редуктор ЦЗУ-160, за  $M_{кр} = 1250 \text{ Нм}$

Визначаємо потужність на вихідному валу редуктора

$$P_{вих} = M_{вих} \cdot n_{вих} / 9740$$

$$M_{\text{вих}} = M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{вих}} = n_{\text{вих}} \cdot i_{\text{лп}} \quad (3.14)$$

$$n_{\text{вих,ред,мін}} = 0,017 \cdot 2,07 = \frac{0,352 \text{ об}}{\text{хв}} = 0,0058 \text{ с}^{-1}$$

$$n_{\text{вих,ред,макс}} = 1,03 \cdot 2,07 = \frac{2,13 \text{ об}}{\text{хв}} = 0,0355 \text{ с}^{-1}$$

$$P_{\text{вих}} = 1060 \cdot \frac{2,13}{9740} = 0,231 \text{ кВт}$$

Визначаємо сумарний ККД.

$$\eta_{\text{сум}} = \eta_{\text{ред}} \cdot \eta_{\text{вар}} \cdot \eta_{\text{рп}} \cdot \eta_{\text{лп}} \cdot \eta_{\text{підш}} \quad (3.15)$$

$$\eta_{\text{сум}} = 0,96 \cdot 0,85 \cdot 0,97 \cdot 0,942 \cdot 0,99 = 0,695$$

Враховуючи перевантаження приймаємо двигун  $N=1,5$  кВт,  $n=1450$  об/хв.

Приймаємо діаметри шківів на валу двигуна  $d=100$  мм та на вхідному валу варіатора  $d=200$  мм.

### 3.3.6. Розрахунок зволожувального пристрою

Прагнення до покращення умов перебігу етапу поглинання пари хлібобулочними напівфабрикатами у тунельних хлібопекарських агрегатах спричинило розробку нової категорії обладнання для паровологотермічної обробки цих напівфабрикатів, яке, наприклад, застосовується у печах типу А2-ХПН-25. На борошномельних комбінатах було проведено модернізацію зволожувальних систем тунельних печей, а також у БН. Ця модернізація була втілена на двох агрегатах БН-50 (номери 1 та 4) на Дніпровському хлібозаводі № 8.

Відмінною рисою цих зволожувальних блоків є те, що їх розміщено поза межами випікальної камери. При цьому процес поглинання (сорбції) відбувається більш інтенсивно, оскільки напівфабрикати не піддаються сильному тепловому впливу випромінювання, яке характерне для початкових секцій робочих зон печей. Завдяки підйому конвеєра, напівфабрикати потрапляють у верхню частину парового купола, де вологість максимальна та умови для сорбції є найбільш сприятливими.

Завданням роботи полягало у зіставленні характеристик зволожувального апарату, інтегрованого у піч А2-ХПН-25, з винесеними зволожувальними пристроями, встановленими у двох печах типу БН-50. Площа пічної плити зволожувального блоку (див. мал. 3.2, а) становить  $4 \text{ м}^2$  (зона зволоження має довжину 2 метри). Дослідження проводилися під час випікання батонів вагою 0,4 кг. Час перебування напівфабрикатів у зоні зволоження становив 180 секунд.

Винесені зволожувальні пристрої печей БН (див. мал. 3.2, б) складаються з металевих кожухів, що накриває частину плити перед випікальною камерою по всій її ширині. Пара подається через шість перфорованих труб. Безпосередньо над цими трубами розміщено металевий захисний екран. Для забезпечення рівномірної дистрибуції пари по ширині агрегату, три труби підключені до лівого колектора, а решта три – до правого. Площа пічної плити винесеного зволожувального пристрою печі БН-50 № 1 дорівнює  $2 \text{ м}^2$  (довжина зони зволоження [одиниці виміру відсутні в оригіналі]), тоді як для печі БН-50 № 4 вона становить  $1,7 \text{ м}^2$  (довжина зони – 0,85 м).

Під час експериментів у печі БН-50 № 1 випікався кишинівський хліб, а в печі БН-50 № 4 – красносільський. Тривалість перебування напівфабрикатів у винесеній зволожувальній зоні становила, відповідно, 90 та 80 секунд.

У ході досліджень за допомогою вимірювального обладнання фіксувалася температура внутрішніх та зовнішніх шарів виробів, що випікаються, а також показання вологого та сухого термометрів у зоні зволоження.

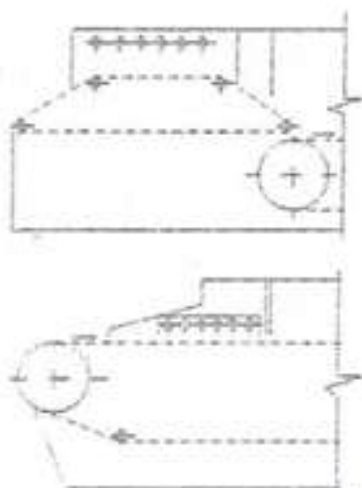


Рис. 3.2. Зволожуючі пристрої печей А2-ХПН-25(а) і БН-25 (б).

На рис. 3.3. показані температурні криві центральних і поверхневих шарів тістових заготовок ( $t_1$  і  $t_2$ ) в процесі їх гігротермічної обробки у винесених зонах зволоження.

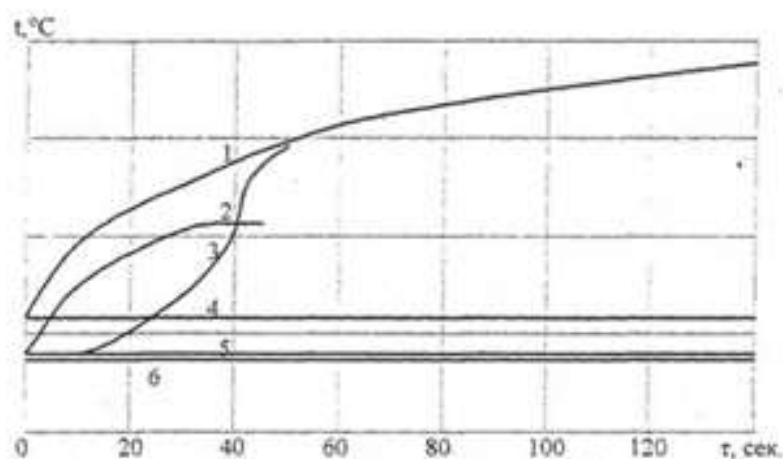


Рис. 3.3. Температурні криві центральних  $t_1$  і поверхневих  $t_2$  шарів тістових заготовок: 1,4 - піч А2-ХПН-25; 2,6 - БН-50 № 4; 3,5 - БН-50 № 1.

Піч	Температура, °С		Відносна вологість, %
	сухий термометр	вологий термометр	
А2-ХПН-25	50-95	45-93	75-92
БН-50№1	27-100	23-80	71-46
БН-50№4	27-90	25-66	85-35

З рис. 3.3. видно, що найбільш інтенсивний процес сорбції, який відповідає зростанню температури поверхні тістової заготовки, відбувається у печі А2-ХПН-25 у перші 140с; у печі БН-50 № 1 - від 10-ї до 45-ї с, у печі БН-50 № 4-у перші 40с. Використовуючи розроблену методику, ми визначили кількість пари, яка конденсується на поверхні тістових заготовок у ці проміжки часу. Остання величина цілком характеризує роботу зон зволоження печей.

При малих значеннях безрозмірного часу, числа Фур'є  $\Phi_0$  розповсюдження тепла в тістових заготовках відбувається також, як і в на пів обмеженому тілі. Тривалість періоду гіротермічної обробки заготовок не перевищує 180 с. Характерний розмір (подвійна товщина) тістової заготовки  $K$  можна прийняти 0,1 м. При цьому для заготовок із пшеничного тіста (коефіцієнт температуропровідності  $\alpha=22 \cdot 10^{-8}$  м /с.)

$$F_a = \frac{\alpha \tau}{R^2} = \frac{22 \cdot 10^{-8} \cdot 180}{(0,1^2)} = 3,96 \cdot 10^{-3} \quad (3.16)$$

Оскільки воно невелике, то заготовку можна розглядати як напів обмежене тіло. Це підтверджується також представленими на рис. 3.3 експериментальними залежностями  $t = f(\tau)$ , які при  $\tau = 0-140$ с, являють собою прямі лінії, паралельні осі абсцис. Таким чином, в процесі гіротермічної обробки температура центральних шарів тістових заготовок не підвищується, прогрів заготовки відбувається також, як і прогрів напів обмеженого тіла, і описується одномірним диференціальним рівнянням нестационарної теплопровідності.

$$\frac{\sigma \cdot t(x, \tau)}{\sigma_\tau} = \alpha \cdot \frac{\sigma^2 t(x, \tau)}{\sigma_\tau x^2} \quad (3.17)$$

Записане для поверхні,  $x = 0$ , рішення цього рівняння при граничних умовах другого роду

$$\begin{aligned} t(x, \tau) &= 0 \text{ при } \tau = 0 \\ q(\tau, 0) &= -\lambda \frac{\sigma_1(x, \tau)}{\sigma x} \text{ при } x = 0, (2) \\ t(x, \tau) &\rightarrow 0 \text{ при } X \rightarrow \infty \end{aligned}$$

являють собою інтегральне рівняння Абеда відносно теплового потоку  $\text{Вт/м}^2$  на поверхні заготовок і має вид:

$$t = (\tau, 0) = \frac{\sqrt{a}}{\lambda\sqrt{\pi}} \int q(s) \frac{ds}{(\tau-s)^{0,5}} \quad (3.18)$$

де  $\lambda$  – еквівалентний коефіцієнт теплопровідності тіста ( $\lambda = 0,37$   $\text{Вт/м}\cdot\text{град}$ )

З рис. 3.4 видно, що інтенсивність тепловіддачі при конденсації (або тепловий потік на поверхні тістових заготовок в необігріваємії зоні зволоження) в печі А2-ХПН-25 досить висока і стійка на протязі 140 с. В печі БН-50 № 1 короточасна інтенсивність конденсації вища, ніж в печі А2-ХПН-25.

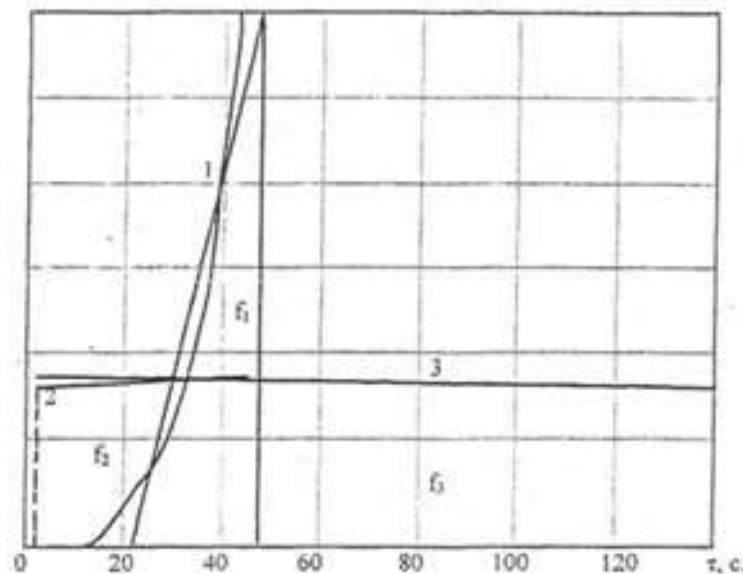


Рис. 3.4. Зміна теплових потоків на поверхні тістових заготовок з часом: 1 – піч БН-50 №1; 2 – БН-50 №4; 3 – А2-ХПН-25.

Зрівнюємо сумарну кількість тепла передано тістовим заготовкам в зоні зволоження досліджуваних печей.

$$Q = \int_0^{\tau} q(\tau) d\tau \quad (3.19)$$

Інтеграл являє собою площі  $f_1$  на рис. 3.4, обмежені кривими  $q=f(t)$ . При розрахунку інтеграла криві замінювали близькими до них лінійними залежностями

$$q = a + b\tau \quad (3.20)$$

Обмежені ними площі дорівнюють  $f_1$ .

Після підстановки в рівняння 3.19  $q$ , замість  $q$  і інтегрування отримаємо просте відношення для визначення  $Q$ :

$$Q = \int_0^{\tau} [(a + b\tau) d\tau] = a\tau + d \frac{\tau^2}{2}, \text{ Дж/м}^2, \quad (3.21)$$

Результати розрахунку по цій формулі приведені в табл. 3.5. Знаючи  $Q$ , можна знайти кількість пари, яка сконденсувалася на поверхні тістових заготовок в процесі їх гігротермічної обробки. При визначенні кількості конденсату ентальпію насиченої пари приймали при середньому тиску  $P = 0,11 \text{ Нм/м}^2$ , ентальпію конденсату – при середній температурі поверхні заготовок в зоні зволоження.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків

Піч	<u>Теплопоглинання,</u> кДж/м	Кількість конденсату, г/м <sup>2</sup>
A2-ХПН-25	542	226
БН-50 №1	161	65
БН-50 №4	124	49

Проведені дослідження показали, що у винесених (необігріваємих) зонах зволоження тонельних печей можуть бути створені сприятливі умови для інтенсивної сорбції пари тістовими заготовками



## 4. ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ЧАСТИНА

### 4.1. Загальні вимоги

Правильна технічна експлуатація обладнання включає забезпечення відповідності умов його функціонування: належні параметри приміщення, оптимальна температура й вологість, чистота повітря. Особливу увагу також необхідно приділяти порядку на робочому місці, включаючи доступність підходів до обладнання, правильне зберігання напівфабрикатів й інвентарю. Обладнання повинно підтримуватися в чистоті, своєчасно й правильно змащуватися відповідно до передбачених регламентів, а режими його роботи (силові навантаження, швидкість) мають суворо відповідати встановленим нормам. Важливо також дотримуватися правил управління машинним обладнанням і виконувати усі вимоги міжремонтного обслуговування, передбачені системою профілактичних ремонтів (ППР). Для контролю технічного стану обладнання на заводі відповідальність покладена на відділ головного механіка, який проводить перевірки умов експлуатації й розробляє технічні рекомендації для покращення роботи машин. Регулярний догляд за обладнанням є ключовою складовою його тривалої та безперебійної роботи. Ретельне обслуговування сприяє значному збільшенню терміну експлуатації до наступного ремонту. Перед початком робочої зміни працівник зобов'язаний перевірити стан машини: впевнитись у її чистоті після попередньої зміни, увімкнути апарат, оцінити його працездатність, оглянути точки змащування та переконатися у наявності мастила. У разі виявлення будь-яких несправностей чи пошкоджень робітник не повинен починати роботу, а має негайно повідомити про це майстра. Під час роботи необхідно постійно спостерігати за працездатністю основних елементів машини. У разі поломки через недотримання правил експлуатації відповідальність несе як сам працівник, так і його керівник. Категорично забороняється залишати працююче обладнання без нагляду. У ході зміни потрібно регулярно виконувати змащування всіх вузлів машини відповідно до схеми змащування й інструкцій щодо використання необхідних технічних рідин. Особливу увагу слід приділяти температурному

стану підшипників під час роботи обладнання. У разі виникнення сторонніх шумів або інших ознак несправності працівник повинен негайно припинити експлуатацію машини та провести необхідне регулювання. Якщо виникає незначна поломка, яка не впливає на загальну працездатність, необхідно одразу замінити пошкоджену деталь запасною. У випадках серйозних несправностей або зупинки обладнання працівник повинен негайно інформувати керівника для подальших дій чи виклику технічної служби.

## **4.2. Налагодження**

Встановлення печі виконується або на підлозі цеху, або на міжповерхових перекриттях.

Якщо це остання ситуація, то фактична здатність перекриття витримувати навантаження, що створюється вагою обладнання лінії та самої печі, має бути підтверджена. Перед початком монтажних робіт необхідно також отримати погодження від відповідних служб підприємства (фабрики, заводу) стосовно підключення печі до електромережі, паропостачання та газових систем, а також щодо питань техніки безпеки.

Доставлені елементи складальних частин розміщують паралельно осі майбутньої лінії печі, відповідно до нанесеного маркування. Проводять перевірку на наявність усіх компонентів згідно з відомістю та видаляють консерваційне мастило.

Коли секції та станції печі переміщуються за допомогою підйому, стропування слід здійснювати за спеціальні скоби, закріплені на нижніх швелерах каркаса.

На підлозі цеху необхідно нанести розмітку центральної осі печі та розташування її регулюючого та приводного механізмів, враховуючи необхідність розміщення іншого обладнання лінії та проєктні габарити печі.

Будь-які недоліки підлоги слід усунути.

Перед тим, як піднімати секції для встановлення у робочу позицію, потрібно виправити виявлені пошкодження, перекося чи зміщення окремих

вузлів чи елементів каркаса. Також необхідно перевірити та, за потреби, відновити прохідність усіх каналів, уточнити маркування та орієнтацію секцій.

Для полегшення монтажу секцій печі рекомендується попередньо виставити по рівню швелери №10 такої довжини, яка відповідатиме довжині пекарної камери. Відстань між крайніми точками цих швелерів має становити 2400 мм. Першою встановлюється передня секція, нижні крайні точки її каркаса мають збігатися з серединою лінії швелера №10.

На швелери №10, виставлені з міжцентровою відстанню 2500 мм, встановлюється регулююча секція, яка монтується на початку передньої секції. На каркас цієї секції кріпиться паровий ковпак разом із витяжним зонтом.

До з'єднання передньої секції з наступними необхідно завести сітчастий под одночасно у пекарну камеру та нижній канал, обвівши його навколо натяжного барабана, і стикувати.

У прибудованій секції пекарні камери та канали стикуються фланцями через ущільнювальні прокладки та фіксуються болтовими з'єднаннями. Для монтажу секції тістовипікального апарату (толочної секції) слід використовувати підйомні механізми та стропувальні пристрої.

На каркасі нижчих секцій повинні бути заздалегідь встановлені тимчасові дерев'яні підкладки, на які спиратиметься каркас толочної секції.

Після доведення положення останньої секції до потрібного рівня за допомогою монтажного лома та службових (технологічних) гвинтів, дерев'яні прокладки акуратно витягуються. Потім проводиться остаточне з'єднання каркасів та фланків вертикальних каналів, замінюючи тимчасові службові гвинти на постійні.

Після встановлення кінцевої секції монтується приводна станція. Для зручності її встановлення також використовують попередньо виставлені по рівню швелери №10, відстань між крайніми точками яких має бути 2500 мм. Після цього, под конвеєра, який уже пропущено через усі секції, заводять на приводний барабан, огинають ролик, проводять через нижні опорні ролики холостої вітки, огинають відхиляючі ролики та барабан натяжної станції, і

виводять на вихід печі. Важливо: вантажі мають бути зняті, натяжний барабан має бути у максимально наближеному положенні до секції повітронагріву, а стрічка отримати попереднє натягіння за допомогою допоміжних засобів.

Перед заповненням простору секцій мінеральною ватою необхідно ретельно перевірити всі фланцеві з'єднання пекарної камери між секціями печі, а також з'єднання усіх коробів на кожному з тістовипікальних блоків. Перевірка щільності з'єднань проводиться при працюючих вентиляторах рециркуляції тістових газів та пароповітряної суміші. Огляд здійснюється візуально.

Якщо виявлені протікання (нещільні місця), слід підтягнути гвинти фланців та замінити ущільнювальні прокладки. Для прокладок дозволяється використовувати азбестовий або базальтовий картон.

Вентилятори рециркуляції топкових газів мають обертатися проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку електродвигуна, а вентилятор пароповітряної суміші (ППС) – за годинниковою стрілкою. Далі розглянемо методи усунення проблеми прилипання тістових заготовок до сітчастого конвеєра у зонах зволоження печей. Для вирішення цієї проблеми можна запропонувати наступне:

1. Прилипання тістових заготовок до поверхні поду конвеєра може бути спричинене потраплянням конденсату на под у зоні зволоження. Для запобігання цьому необхідно забезпечити належну роботу сепараційних та зволожуючих пристроїв печі.

2. Перфоровані труби слід монтувати з невеликим нахилом (ухилом) у напрямку сепараційних пристроїв; в отвори для випуску пари в зону зволоження бажано встановити спеціальні форсунки (сопла).

3. Поверхню поду конвеєра необхідно періодично змащувати олією рослинного походження.

4. Як до посадки, так і після зняття тістових заготовок, под конвеєра необхідно підігрівати. Для цього теплоносій (гріючі гази) слід подавати у канали попереднього прогріву конвеєра, які розташовані як до зони викладання тіста, так і до ділянки зволоження.

### 4.3. Технічне обслуговування

Описуємо основні проблеми, що виникають в роботі конвеєрів печей, методи їх усунення та ключові вимоги для ефективного функціонування: 1. Ланцюги конвеєра мають пересуватися виключно металевими напрямними. Це забезпечує їх стабільну роботу і запобігає надмірному зносу. 2. Протягом експлуатації ланцюгових конвеєрів важливо стежити, щоб з'єднання ланцюгів постійно були ретельно змащені графітним мастилом. Це значно знижує тертя, що впливає на тривалість служби механізму. 3. Ланцюги повинні бути правильно натягнуті: вони не мають прослизати через зуби зірочок і водночас не створювати надмірного напруження в приводних пристроях печі. При неправильному натягу слід провести його корекцію. 4. Забезпечення мастила в підшипниках, варіаторах і редукторах є обов'язковою умовою для уникнення перегріву і пошкоджень елементів. 5. Щодо сітчастих конвеєрів, важливо контролювати натяг сітки. Її ослаблення призводить до буксування на приводному барабані, а надмірний натяг може спричинити деформацію або витягування сітки. У разі виникнення витягнутих ділянок ці фрагменти сітки необхідно замінювати, при цьому загальна довжина сітки має зберігати можливість регулювання натяжного барабана. 6. У разі експлуатації сітчастих конвеєрів, закріплених на тягові ланцюги, необхідно перевіряти надійність з'єднань і виконувати їх своєчасний ремонт у разі порушень. 7. Регулярне обслуговування включає контроль стану захисного обладнання приводного механізму. Ремонтні роботи поділяються на декілька напрямків: - При обслуговуванні робочої камери з металу проводять її ущільнення в місцях утрат герметичності, очищення поверхні від накипу та інших відкладень. - Для топкових пристроїв і газоходів виділяють два типи ремонту: печі з цегляною та металевією системами обігріву. У першому випадку замінюють зношені частини футеровки (згорілі, проплавлені), ремонтують кожух, фронтальну частину печі та арки. Демонтаж кладки виконується акуратно, щоб не пошкодити елементи, придатні для подальшого використання. - Для конвеєрних хлібопекарних печей проводять очищення труб і газорозподільчих

коробів від нагару та золи, перевіряють стики труб, а при необхідності ущільнюють їх азбестовими прокладками чи замінюють на нові. - Ремонт тягових ланцюгів здійснюється шляхом заміни окремих елементів: щіток, з'єднувальних пальців, втулок та роликів у разі їх несправностей. - Приводні механізми також підлягають огляду: перевіряється редуктор, стан варіатора швидкості; залежно від стану виконують демонтаж деталей, промивку, змащення. При потребі здійснюється заміна валів, а іноді – редуктора та варіатора. - Допоміжні пристрої (огороження, вентиляційні системи) підлягають ревізії; при необхідності замінюються пошкоджені елементи (наприклад, листи обшивки, троси). Окрім цього, виконується перевірка арматури на парових і повітряних магістралях, клапанах управління тощо. Дотримання цих вимог дозволяє забезпечити стабільну та ефективну роботу конвеєрів у хлібопекарських.

#### **4.4. Автоматизація виробництва**

##### Технологічний процес

Робота печі полягає у нагріванні пекарної камери до оптимальної температури, потрібної для випічки продукції, із подальшим переміщенням виробів на конвеєрі. Перед початком роботи через керівні кнопки на щиті управління активуються привід конвеєра, толочний вентилятор та вентилятор рециркуляції. Відповідно до технологічних інструкцій, що регулюють приготування конкретного виробу, встановлюється необхідна тривалість випічки. Цей параметр контролюється візуально за допомогою цифрового табло, яке розташоване на щиті управління. Також згідно з вимогами технологічного процесу налаштовується необхідний тиск пари в системі зволоження. Після досягнення заданих температурних показників у кожній зоні печі відбувається завантаження сітчатого конвеєра. Орієнтовні температури в зонах нагріву для випікання хлібобулочних виробів змінюються залежно від асортименту: - У першій зоні температура може досягати 300 °С; - У другій — варіюється в межах 260–280 °С; - У третій — досягає максимуму 240 °С. При

цьому 60–70% витраченого тепла надходить у першу й другу зони камери. Це пов'язано з великими енерговитратами на прогрів і обсмажування тістових заготовок, нагрівання сітчастої стрічки конвеєра та поглинанням атмосферного повітря, що потрапляє разом із заготовками в камеру. Випікання хліба є завершальним етапом виробничого циклу його приготування та відбувається під впливом тепла і вологості. Протягом цього процесу у тістовій заготовці, як усередині, так і на поверхні, відбуваються різноманітні фізичні, колоїдні, мікробіологічні й біохімічні перетворення, які зрештою формують готовий продукт. Загалом ці процеси є нестационарними за своєю природою. Процес випікання має нелінійний характер із розподіленими параметрами. Швидкість протікання змін у тісті залежить від інтенсивності зміни температури в конкретному шарі. Під час проходження крізь пекарну камеру заготовка проходить декілька етапів гідротермічної обробки, які включають зволоження, теплообмін через випромінювання, конвекцію та теплопровідність. Якість хліба визначається кінетикою теплових і масообмінних процесів у пекарній камері. Основними показниками якості є об'єм і форма хлібної випічки, товщина й колір кірки, її глянцевість, аромати і смак. На об'єм і форму виробу впливають ключові параметри гідротермічної обробки: температура й вологість середовища в камері, механічно-структурні властивості тіста та тривалість випікання. Сучасні печі для хлібопекарської промисловості являють собою багатофункціональні комплекси теплотехнічного й транспортно-механічного обладнання. Вони оснащені системами автоматичного контролю й регулювання основних параметрів процесу, що гарантує високу продуктивність та стабільну якість готових виробів.

Таблиця 4.1 – Завдання на розробку системи автоматизації

Машина, агрегат, апарат	Параметр, місце відбору сигналу	Допустимі значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи керування	Додаткові вимоги
Паливна головка	Температура в камері	350 <sup>0</sup> С	Контроль	Сигналізація	Світлова
			Регулювання	Підтримання	Дія на

				в заданому діапазоні	регулювальний клапан
1 зона обігріву	Температура в камері	300 <sup>0</sup> С	Контроль	Сигналізація	Світлова
2 зона обігріву	Температура в камері	260-280 <sup>0</sup> С	Контроль	Сигналізація	Світлова
3 зона обігріву	Температура в камері	240 <sup>0</sup> С	Контроль	Сигналізація	Світлова
			Регулювання	Підтримання в заданому діапазоні	Дія на регулювальний клапан
Пальник	Тиск в пальниках	P=30Па	Контроль	Сигналізація	Світлова
			Регулювання	Підтримання в заданому діапазоні	Дія на регулювальний клапан

Система автоматизації пічного агрегату А2-ХПН-25 виконує широкий спектр функцій для забезпечення ефективності, безпеки та стабільності роботи обладнання. Вона включає: - Вимірювання температури в основних зонах печі (першій, другій і третій) за допомогою мілівольтметрів у комплекті з хромель-копелевими термоелектричними перетворювачами. - Двопозиційне регулювання температури середовища у пекарній камері. - Автоматичне блокування у разі перевищення допустимої температури суміші топкових і рециркуляційних газів. - Контроль наявності полум'я із застосуванням спеціального датчика, інтегрованого з автоматичним контролем полум'я. - Блокування при виявленні недостатнього тиску повітря у вентиляторі пальника. - Автоматичне розпалювання печі. - Контроль розрідження в топці за допомогою вакуумметра. - Регулювання тиску газу через прямодіючий регулятор. - Управління рухом конвеєра з використанням комбінації магнітного пускача, реле часу та ручного запуску чи аварійної зупинки через кнопкову станцію. Система також передбачає світлову сигналізацію стану робочого режиму вентилятора, димососа та конвеєра, а також звукову і світлову індикацію аварійного режиму. У процесі автоматичного керування тепловим режимом пекарної камери система працює за наступним алгоритмом: якщо температура в камері нижче від встановленого значення, клапани газоподачі

відкриваються, що призводить до режиму "великого смолоскипа", при цьому збільшується подача повітря у топку. При досягненні заданої температури або її перевищенні система закриває клапан основної подачі газу, залишаючи відкритим клапан для підтримки режиму "малого смолоскипа". Це скорочує витрати газу і поступово знижує температуру в камері. Коли температура опускається нижче допустимого рівня, система автоматично переходить назад на режим "великого смолоскипа". Контроль здійснюється за допомогою регулюючого мілівольтметра та релейної схеми, реалізуючи двопозиційне автоматичне регулювання. Система містить різні захисні механізми, серед яких:

- Блокування перевищення температури суміші топкових і рециркуляційних газів понад 600°C для запобігання прогорянню каналів печі.
- Автоматичне вимкнення пальника при підвищенні температури продуктів згоряння більше ніж на встановлений рівень, зниженні розрідження в камері згоряння або відсутності полум'я.
- Безпечний запуск печі із попередньою продувкою газоходів, запалюванням палива електродами із використанням високої напруги та прогрівом топки.

Елементи управління температурою у робочих зонах та переміщенням конвеєра розташовані на двох щитах керування: перший біля посадкового вікна печі, другий – біля топки. Це забезпечує зручність експлуатації та надійність роботи системи. Автоматизація хлібопекарського виробництва сприяє підвищенню якості продукції та оптимізації всього технологічного процесу. Завдяки датчикам температури та регуляторам подачі горючих газів досягнуто рівномірний розподіл температури в робочих камерах печі, що позитивно впливає на кінцевий продукт.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**

Захист праці — це комплекс заходів, які включають законодавчі акти, соціально-економічні, організаційні, технічні, гігієнічні та профілактичні дії, спрямовані на забезпечення безпеки, збереження здоров'я працівників та їх працездатності. В Україні ключовим документом у цій сфері є Закон «Про охорону праці», прийнятий Верховною Радою 21 листопада 2002 року. Разом із

«Кодексом законів про працю України» цей закон утворює основу правової бази захисту праці. До них також входять додаткові нормативні акти державного, галузевого та міжгалузевого рівня: стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи обов'язкового виконання для всіх установ і працівників країни. Безпека починається з навчання. Перед допуском до роботи працівник проходить ввідний інструктаж від інженера з охорони праці. Це навчання охоплює загальні вимоги безпеки, внутрішній розпорядок підприємства, базові трудові норми, правила технічної безпеки, виробничу санітарію та правильне використання засобів індивідуального захисту. Результати інструктажу реєструються в спеціальному журналі, який зберігається протягом 35 років. Усі наступні інструктажі проводяться керівниками робіт. На робочому місці виконується первинний (ознайомлювальний) інструктаж майстром. Його метою є адаптація працівника до специфіки виконуваної роботи, правил безпеки й алгоритмів дій у надзвичайних ситуаціях. Після цього працівнику надається офіційний допуск до виконання завдань. Повторний (плановий) інструктаж здійснюється у встановлений період залежно від характеру роботи. Позаплановий інструктаж проводиться у випадках порушень технічної безпеки, виробничих нещасних випадків або при перерві в роботі понад два місяці. Особлива увага приділяється співробітникам, задіяним у вибухонебезпечних умовах, таких як секції випікання (підвищена температура, гарючі гази в печах чи високий тиск пари). Для їх підготовки організовується курсове навчання за затвердженими програмами. Працівники проходять періодичну перевірку знань раз на три роки та обов'язкове курсове навчання щонайменше раз на шість років у спеціалізованих установах. Важливим аспектом захисту праці є фінансування відповідних заходів. Закон «Про охорону праці» визначає джерела фінансування як амортизаційний фонд, фонд розвитку виробництва і прибуток підприємства. Поточні витрати покриваються із загальнозаводських статей калькуляції та спеціального фонду охорони праці (0,5% від прибутку підприємства). Організацію й координацію роботи з охорони праці виконує

служба охорони праці під керівництвом директора спільно з профспілковими комітетами, державними органами нагляду та інспекторами праці. На підприємстві важлива також правильна організація технічних умов і санітарного стану. Все обладнання розташовується згідно з проектними нормами: між рухомими частинами має залишатися мінімум 0,5 метра, для проходів персоналу – не менше 0,7 метра, а основні коридори повинні бути шириною щонайменше два метри. Робочі місця утримуються в чистоті. Приміщення має висоту не менше 4,8 метра; площа на одного працівника сягає мінімум 4,5 м<sup>2</sup>, а об'єм – від 15 м<sup>3</sup>.

Таблиця 5.1 – Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше	оптимальна, не більше	допустима на робочому місці постійному і непостійному, не більше
		верхня границя	нижня границя						
		на робочому місці							
		постійному	непостійному	постійному	непостійному				
Холодний	21...23	25	26	20	17	40...60	75	ОД	Не більше 0,2
Теплий	22...24	28	30	22	20	40...60	60 (при 27°С)	0,2	0Д...0,3

Переважає більшість виробничих процесів на харчових підприємствах супроводжується виділенням інфрачервоного (теплого) випромінювання як обладнанням, так і матеріалами. Будучи поблизу нагрітих матеріалів, поверхонь обладнання, апаратів, трубопроводів, полум'я, людина потрапляє під вплив інфрачервоного випромінювання. Через його поглинання зростає температура

не лише людського тіла, а й конструкцій приміщень (підлога, стіни, перекриття), устаткування, інструменту. Внаслідок цього температура повітря всередині приміщення може стрімко підвищитися, що суттєво погіршить мікроклімат робочої зони. Окрім того, дія інфрачервоного випромінювання викликає морфологічні та функціональні зміни в організмі людини. За власною фізичною суттю інфрачервоне випромінювання являє собою потік матеріальних часток, що виявляють хвильові та квантові властивості.

Вони є періодичними електромагнітними коливаннями і водночас потоком квантових фотонів. Інфрачервоні випромінювання охоплюють ділянку спектру з довжиною хвилі у межах від 760 нм до 540 мкм. Енергія кванта перебуває в діапазоні 0,0125-1,25 еВ.

Інфрачервоні випромінювання впливають на функціональний стан центральної нервової та серцево-судинної систем (прискорення пульсу, збільшення максимального та зменшення мінімального артеріального тиску, частішання дихання, підвищення температури тіла, посилення потовиділення), спричиняючи зростання захворювань серцево-судинної системи та органів травлення. Додатково, поглинання довгохвильового інфрачервоного випромінювання слізною рідиною та поверхнею рогівки очей зумовлює на них тепловий ефект, а інтенсивне поглинання короткохвильового випромінювання кришталиком є причиною катаракти. Ці впливи можуть спричинити низку інших патологічних зрушень: кон'юнктивіти, помутніння рогівки, спазм зіниць, помутніння кришталика.

Таким чином, теплове випромінювання впливає на людський організм, порушуючи його нормальну життєдіяльність та спричиняючи серйозні ускладнення.

Інтенсивність сумарного теплового випромінювання вимірюється актиметрами, а спектральна – інфрачервоними спектрометрами типу ІКС-10, 12, 14 (на практиці наразі застосовують актинометрію Носкова, а для незначних величин – срібно-вісмутівий термостовпчик Молля).

Освітлення.

Усі робочі місця у цеху повинні бути забезпечені як природним, так і розрахунковим штучним освітленням, що є достатнім для виконання технологічних операцій, а також для ремонту та обслуговування обладнання.

Для забезпечення освітлення виробничих приміщень використовуються пило- та вибухозахищені світильники типу НОБ-300, тоді як у санітарно-побутових кімнатах встановлені лампи білого світла ЛБ, що відповідають вимогам СНиП П-4-79.

На лінії випікання хліба для розряду зорової роботи Ш підрозділу "Г" встановлено наступні норми освітленості:

При комбінованому освітленні (газорозрядні лампи та лампи розжарювання) – 200 лк.

При загальному освітленні (газорозрядні лампи) - 75 лк.

При загальному освітленні (лампи розжарювання) - 150 лк.

Передбачено наявність знижувального напруги джерела (24 В) для підключення переносних світильників та ручного електроінструменту.

Окрім робочого освітлення, передбачено аварійне освітлення, світильники якого мають бути увімкнені увесь час роботи основного освітлення та мати відповідні розпізнавальні знаки.

Аварійне освітлення необхідне для можливості продовження робіт і має забезпечувати на робочих місцях освітленість не менше 5 % від встановлених норм при системі загального освітлення.

Аварійне освітлення, призначене для евакуації людей, повинно гарантувати освітленість на підлозі головних проходів та на сходах у приміщенні на рівні не менше 5 лк.

Шум та вібрації, способи протидії.

Високі рівні шуму та вібрації є виробничими небезпечними факторами, що призводять до професійних захворювань, зниження працездатності та

можуть стати причиною нещасних випадків.

У нашій державі допустимий тиск вимірюється згідно стандарту (рівень звуку та звуковий тиск у дБ А за шкалою А та середньозважений тиск у дБ). Звуки різної частоти по-різному впливають на людину, проникають і поглинаються крізь будівельні конструкції. Тому у схему шумомірів включені частотні фільтри з характеристиками А, В, С, О, за кожним з яких нормується величина шуму. На практиці найчастіше використовують характеристику А шумоміра, оскільки вона найбільш наближена до людського сприйняття.

Крім того, швидкообертові деталі обладнання генерують вібрацію, яка через фундамент та підлогу передається людині. Аналіз параметрів на робочих місцях при належним чином збалансованому устаткуванні свідчить, що вібраційні рівні не перевершують гігієнічних нормативів, визначених стандартом. Усі конструкції виготовлені із звукопоглинаючих матеріалів. Застосовуються методи індивідуального захисту.

При експлуатації хлібопекарської печі слід впроваджувати заходи для утримання рівня шуму, що впливає на людину, в межах, що не перевищують гранично допустимого значення, яке на постійних робочих місцях не повинно перевищувати 85 дБА у частотному діапазоні 31,5 ... 8000 Гц.

Електробезпека, статична електрика.

Для гарантування захисту персоналу від впливу електричного струму слід застосовувати захисні засоби та методи, передбачені «Правилами влаштування електроустановок» (ПУЕ) та «Правилами техніки безпеки для споживачів електрообладнання».

Оглядаючи приміщення цеху, можна констатувати, що зона розташування обладнання належить, згідно з класифікацією ПУЕ, до зони підвищеної небезпеки (небезпечний фактор – потенційна можливість одночасного контакту із заземленими конструкціями та з конструкціями під напругою, у разі порушення ізоляції чи непрофесійних дій працівника).

Основні організаційні заходи, спрямовані на запобігання ураження

персоналу струмом:

- навчання робітників правилам користування електричними приладами;
- дотримання норм безпеки при плануванні розміщення обладнання та робочих зон;
- використання інструментів, обладнання та заходів, що відповідають виробничому процесу;
- своєчасний контроль та підвищення трудової дисципліни персоналу;
- обов'язкова наявність на робочих місцях інструкцій та правил безпечного обслуговування обладнання.

Опір заземлюючого корпусу має становити не менше 4-х Ом, а опір між різними обмотками двигуна та опір ізоляції дротів при знятому навантаженні – не менше 0,5 МОм. Особливу увагу слід приділити зовнішньому вигляду ізоляції проводки та герметичності пунктів її введення та виведення.

Вентиляція.

У пекарному цеху передбачена як природна, так і примусова (штучна) вентиляція, яка повинна забезпечувати задані параметри повітряного середовища відповідно до вимог «Протипожежних норм», «Санітарних норм проєктування промислових підприємств», «Будівельних норм та правил».

У виробничих корпусах, за наявності вікон та світлових ліхтарів і при умові відсутності виділення шкідливих газів, парів чи пилу, необхідно передбачити періодичну природну вентиляцію, забезпечуючи при цьому дотримання норм метеорологічних параметрів повітряного середовища.

Виробнича вентиляція мусить забезпечувати достатній повітрообмін зі швидкістю руху повітря 0,2...0,3 м/с залежно від пори року, а також ефективно видалення пилу. Аварійна вентиляція повинна гарантувати восьмикратний повітрообмін. Специфічні вимоги до вентиляції включають розміщення вентиляторів поза межами виробничого приміщення та обладнання вибухозахисних бар'єрів. Природна вентиляція здійснюється через вікна.

Побутові приміщення.

На підприємствах харчової промисловості, згідно з чинними будівельними нормами та правилами, передбачається облаштування загальних побутових приміщень та пристроїв (гардеробні, душові, умивальники, вбиральні, курильні; кімнати для особистої гігієни жінок, годування немовлят, відпочинку, прання та ремонту спецодягу й взуття; пункти питного водопостачання), а також спеціальних побутових приміщень та пристроїв (приміщення та пристрої для охолодження або обігріву працюючих, знежирення, сушіння та знешкодження робочого одягу та взуття, для миття та чищення робочого взуття, респіраторні, як і приміщення громадського харчування та медпункти).

Комплектація та кількість побутових приміщень та пристроїв залежать від групи виробничих процесів, що визначаються їх санітарною характеристикою.

Побутові приміщення розташовують так, щоб працівники, які ними користуються, не перетинали виробничі приміщення з шкідливими викидами, якщо вони там не задіяні у роботі.

Чисельність персоналу на лінії з виробництва хліба в одній зміні складає 21 особу. Склад побутових приміщень: Душові кабінки – 8, умивальники – 4, вбиральні з двома кабінками, кімната для відпочинку та харчування.

Техніка безпеки при обслуговуванні апаратури

1. Дозволяється обслуговувати печі марки А2-ХПН-25 лише особам, які вивчили конструкцію та експлуатаційні правила установки і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

2. Заборонено експлуатувати піч, що має дефекти, які можуть спровокувати порушення штатної роботи чи аварію.

3. Зони обслуговування установки та всіх її систем мають бути достатньо освітлені, звільнені від сторонніх предметів та забезпечувати безперешкодний доступ до робочих точок.

4. Захисні кожухи рухомих частин та інших робочих елементів повинні мати надійне кріплення.

5. Категорично заборонено виконувати демонтувальні, ремонтні чи будь-які інші маніпуляції, що можуть призвести до травмування обслуговуючого персоналу чи аварії, поки установка функціонує.

6. При вимкненні електродвигуна робочі елементи, які він приводить у рух, не зупиняються миттєво, а продовжують інерційний рух деякий час. Тому для запобігання травмам необхідно вичекати мінімум одну хвилину перед зняттям захисних огорожень. Роботи не можна розпочинати, не переконавшись у повній зупинці рухомих частин.

7. Електрообладнання та саму установку необхідно заземлювати відповідно до «Правильного влаштування електроустановок». Місця для підключення заземлюючого дроту до механізмів установки позначені знаком «заземлення». Опір заземлення слід вимірювати омметром. Його величина не має перевищувати 4 Ом.

8. Під час виконання робіт категорично забороняється проводити ремонт або налаштування електричного обладнання під напругою. Усі несправності повинні бути усунені тільки після відключення електрообладнання. 9. Перед початком роботи необхідно: а) здійснити ретельний зовнішній огляд установки та видалити усі сторонні предмети з робочих зон; б) переконатися у тому, що сторонні предмети відсутні в агрегатах системи; в) провести змащення рухомих деталей; г) перевірити надійність з'єднань усіх видів комунікацій та впевнитися в тому, що немає протікань пари, газу чи мастила; д) переконатися у справному стані контрольно-вимірювальних приладів; е) перевірити наявність і справність системи заземлення обладнання установки; є) короткочасно увімкнути електродвигуни для перевірки правильного напрямку обертання всіх робочих органів установки відповідно до зазначених стрілками напрямків; ж) впевнитися у наявності пари, води та газу в магістралі; з) усунути всі виявлені несправності перед початком роботи. Пожежна безпека (розрахунок кількості води для пожежогасіння). Пожежна безпека підприємства забезпечується ще на

етапі проєктування та розробки генерального плану відповідно до вимог санітарно-гігієнічних та протипожежних норм і правил. Приміщення підприємства, де здійснюється процес випікання хліба, належать до категорії Г. Оскільки повністю виключити ризик пожежі чи вибуху неможливо навіть за наявності сучасних засобів захисту, то для їх ліквідації мають застосовуватися спеціальні заходи. Серед основних первинних засобів пожежогасіння, які забезпечують швидку ліквідацію локальних осередків загоряння, виділяють використання піску зі спеціальними засобами для його застосування, а також порошкові чи вуглекислотні вогнегасники, котрі дозволяють гасити електрообладнання під напругою. Для гасіння пожежі всередині великих ємностей рекомендується використовувати сухий пар. У разі значних осередків загоряння необхідне застосування стаціонарної системи пожежогасіння, оснащеної швидкодіючими світло-димовими датчиками. Така система повинна мати здатність автоматично знеструмлювати електрообладнання цеху при спрацюванні. Розрахунок об'єму води, необхідної для гасіння пожежі, здійснюється за встановленою формулою:

$$Q = n \cdot 3 \cdot \frac{3600}{1000} = 11n \quad (5.1)$$

де  $Q$  – витрати води на 3-х годинне пожежегасіння,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – секундні витрати на внутрішнє та зовнішнє пожежегасіння,  $n = n_1 + n_2$ ,  $n_2$  постійне і складає  $5 \text{ дм}^3/\text{с}$ , згідно з категорією виробництва по пожежонебезпечності та об'єму приміщення до  $3 \text{ тис. м}^3 = 10 \text{ дм}^3/\text{с}$ .

$Q = 11 \cdot (5 + 10) = 165 \text{ м}^3$ , тобто на заводі повинна бути водопровідна комунікація, що забезпечує витрати води  $n = 15 \text{ дм}^3/\text{с}$ , або водоймище ємністю  $165 \text{ м}^3$ .

Пропозиції щодо вдосконалення умов праці Для уникнення захворювань та травматизму на робочих місцях рекомендовано впровадити наступні заходи:  
 – усунути протяги у приміщеннях; – розмістити інструкції з експлуатації безпосередньо біля обладнання; – захистити рухомі частини пристроїв і пофарбувати захисні огорожі в червоний колір для чіткої видимості; –

розмістити на видимих місцях евакуаційний план для виробничого персоналу на випадок надзвичайних ситуацій. Останнім часом в усьому світі дедалі більше уваги приділяється впровадженню заходів з охорони довкілля, особливо в частині зниження шкідливих викидів в атмосферу. У відповідності до цього, всі промислові підприємства в Україні в першу чергу мають проводити інвентаризацію джерел забруднення. Хоча хлібопекарська промисловість відноситься до екологічно відносно чистих галузей харчової промисловості (на відміну від цукрової, спиртової чи м'ясної), однак вона все ж продукує забруднення у вигляді: – органічних речовин (етилового спирту, оцтової кислоти, ацетальдегіду), що утворюються безпосередньо під час технологічних процесів; – неорганічних речовин (оксиди азоту та вуглецю), які виділяються під час спалювання природного газу, рідкого або твердого палива у печах та парових котлах. Дослідження показують, що етапи виробництва хліба із пшеничного та житнього борошна можна розділити таким чином: – приймання, зберігання та підготовка сировини; – замішування тіста, бродіння, вистоювання заготовок; – випікання хліба; – зберігання готової продукції та її транспортування до торговельних точок. Основним джерелом забруднення повітря є борошняний пил, який утворюється під час зберігання сировини й на окремих етапах виробництва. Максимально допустима концентрація борошняного пилу становить  $0,06 \text{ мг/м}^3$ , тоді як реальний обсяг викидів на хлібокомбінатах – близько  $0,05 \text{ т/рік}$ . Для очищення повітря використовуються циклони або рукавні фільтри. Уловлений циклонами пил може повертатися у виробництво, тоді як пил із рукавних фільтрів утилізується й використовується як кормові добавки. Екологічні аспекти модернізації Після впровадження сучасних технологій у виробництво хліба вдалося досягти підвищення продуктивності та покращення якості продукції. Це суттєво полегшило умови праці для працівників і сприяло зниженню фізичного навантаження. Стан умов праці безпосередньо впливає на здоров'я персоналу, тому такі зміни є важливим кроком вперед. Новітні технологічні рішення забезпечили максимальну стабільність процесів і дозволили отримувати високоякісну

продукцію. Хоча галузь хлібопечення є відносно екологічно чистою, усі викиди належать до строго регульованих норм. Водночас стічні води підприємства передбачено передавати до міської каналізації відповідно до встановлених вимог. Тверді відходи від очищення обладнання збираються та передаються до спеціальних господарств. У модернізованій лінії виготовлення хліба вузли й рухомі елементи виконують механічні операції без додаткового впливу на навколишнє середовище. Підвищення якості конструкційних матеріалів також позитивно .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богомолів О.В. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств / О.В. Богомолів, П.В. Гурський, В.П. Богомолів. –Х.: Еспада, 2005. –432 с.
2. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості /І.С. Гулий. –Вінниця: Нова книга, 2001. –575 с.
3. Дацишин О.В. Машини та обладнання переробних виробництв / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, Д.С. Чубов. –К.: Вища освіта, 2005.–159 с.
4. Дипломне проектування / Г.В. Дейниченко, О.І. Черевко, Н.О. Власова, І.Г. Дейнека. –Луганськ: Видавництво СНУ ім. В. Даля, 2004. –256 с.
5. Дробот В.І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництва: Навчальний посібник / В.І. Дробот, Л.Ю. Арсеньєва, О.А. Білик та ін. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 341 с.
6. Закалов О.В. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв / О.В. Закалов, А.І. Бортник.–Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2005.–105 с.
7. Лісовенко О.Т. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв / О.Т. Лісовенко. –Київ: Наукова думка, 2000. –282 с.
8. Лисюк Г.М. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: Навчальний посібник / Г.М. Лисюк, О.Г. Самохвалова, З.І. Кучерук та ін. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. – 464 с.
9. Лисюк Г.М. Технологічні розрахунки рецептур для хлібобулочних, макаронних, кондитерських і харчоконцентратних виробів [Текст]: Навч. посібник / Г.М. Лисюк, М.В. Артамонова, О.Г. Шидакова-Каменюка. – Х.: ХДУХТ, 2009. – 144 с.
10. Малезик І.Ф. Процеси та апарати харчових виробництв / І. Ф. Малезик. –К.: НУХТ, 2003. –400 с.
11. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник / В.Г. Мирончук. – Вінниця: Нова книга, 2007.–648 с.

12. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник / В.Г. Мирончук, Л.О. Орлов, А.І. Українець. та ін. –Вінниця: Нова книга, 2004.–288 с.

13. Методичні рекомендації до складання технологічних схем хлібопекарського і макаронного виробництв у курсовому і дипломному проектуванні для студ. напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» та спеціальності 7.05170103 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів» ден. та заочн. форм навч. / Уклад.: В.Г. Юрчак, В.Ф. Доценко, В.М. Махинько. – К.: НУХТ, 2012. – 44 с.

14. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з дисципліни «Технологічне обладнання переробних та харчових виробництв» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 181 «Харчові технології» / В.М.Федорів -Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2021. – 96с.

15. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва / П.С. Берник, З.А. Стоцько, І.П. Паламарчук, І.А. Зозуляк.– Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2004. –336 с.

16. Процеси та апарати харчових виробництв /А.М. Поперечний, О.І.Черевко ,В.Б.Гаркуша, Н.В. Кирпиченко.–К.: ЦУЛ, 2007.–304с.

17. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв: підручник / В.Ф. Петько, О.І. Гапонюк, Є.В.Петько, А.В. Ульяницький.–К.: ЦНЛ, 2007.–432с.

18. Технологічне обладнання для переробки продукції тваринництва: навчальний посібник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, Ю.П. Рогач, Л.М. Кюрчева. –Суми: Довкілля, 2004. –420 с.

## ВИСНОВОК

19. У межах виконання кваліфікаційної роботи було здійснено модернізацію виробничої лінії для випікання подового хліба. Зокрема, визначено ключові параметри, які мають суттєвий вплив на ефективність технологічних процесів виробництва хлібобулочних виробів. Основним завданням у цьому контексті є оптимізація керування процесами випікання, що спрямовано на підвищення якості готової продукції, а також на одночасне скорочення енерговитрат на її виготовлення. З цією метою було проведено модернізацію пекарського обладнання, а саме печі моделі А2-ХПН-25 і замінено вистоювальну шафу. У процесі вдосконалення конструкції печі були значно покращені функціональні зони: модернізовано зону зволоження та останню зону обігріву. Такі зміни реалізовано шляхом оптимізації системи подачі пари, зокрема зменшення кількості перфорованих трубок для подачі пари. Завдяки цьому вдалося уникнути накопичення надлишкового конденсату, що позитивно вплинуло на якість кінцевого продукту. Економічні розрахунки повністю підтвердили доцільність проведеної модернізації. Завдяки впровадженню змін рентабельність виробництва зросла на 9,5%, а обсяг продукції, що виготовляється, збільшився до 15,4 тонни на добу. Тобто, застосування запропонованого вдосконаленого комплексу обладнання для випікання хлібобулочних виробів продемонструвало його високий рівень екологічності, економічної ефективності, а також можливість його інтеграції в сучасне промислове виробництво. Пропоноване інноваційне обладнання дозволяє ефективно вирішити проблему відсутності у хлібопекарській галузі сучасних конструкцій вистоювально-пічних агрегатів. Його впровадження фактично усуває низку проблем, з якими стикається промисловість у виробництві формового хліба. На відміну від наявного зараз обладнання, що здебільшого базується на застарілих конструкціях тупикових або прохідних печей із низьким рівнем продуктивності та низьким коефіцієнтом корисної дії, модернізована установка є компактнішою, легшою в обслуговуванні та більш адаптованою під умови сучасного виробництва. Використання нового

обладнання дозволяє істотно підвищити рівень механізації та автоматизації технологічного процесу на критично важливій ділянці вистоювання та випікання. Це не лише покращує кількісні та якісні характеристики готової продукції, але й значно знижує її собівартість. Додатково скорочується шкідливий вплив виробничих процесів на навколишнє середовище завдяки впровадженню екологічно чистих технологій і матеріалів. Важлива фізична робота замінюється автоматизованими системами, що суттєво підвищує культуру виробництва та покращує умови праці. Досягнення цих показників відповідає ключовим завданням сучасної промисловості – забезпеченню високопродуктивного та сталого виробництва якісної продукції з оптимальним використанням ресурсів. Розроблене обладнання характеризується високим ступенем автоматизації та виготовлене із матеріалів, які відповідають екологічним стандартам. Це не лише сприяє розвитку сучасної хлібопекарської промисловості, але й створює нові можливості для підвищення ефективності усього виробничого процесу, встановлюючи новий стандарт якості та інновацій у галузі.

## **ДОДАТКИ**