

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра “Електротехнічні системи та енергетичний менеджмент”

“Допущено до захисту ”
Зав. кафедри ЕТС та ЕМ
канд. техн. наук., професор
_____Петро ПЛЄШКОВ
“ ____ ” _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ
ВИЩОЇ ОСВІТИ
на тему
«Удосконалення енергетичних режимів
роботи кондитерських печей»

Виконав здобувач вищої освіти
2 курсу магістратури, групи ЕНМ-22М
ОПП «Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
_____Сергій КОЗАЧЕНКО
« ____ » _____ 2023 р.
Керівник роботи
канд. техн. наук, професор
_____Анатолій ОРЛОВИЧ
« ____ » _____ 2023 р.
Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра електротехнічних систем та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Плешков П.Г.

« » 2023 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

Козаченка Сергія Валентиновича

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Удосконалення енергетичних режимів роботи кондитерських печей

Improving energy modes of confectionery ovens

2. Керівник роботи (проекту) Орлович Анатолій Юхимович, канд. техн. наук., професор

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту) Метою даної роботи є дослідження енергетичних режимів в хлібопекарських та кондитерських тунельних електропечах. Завдання роботи: 1 розглянути енергетичні режими роботи кондитерських печей на прикладі печей власного виробництва технічного центру ПП «Імпексмаш» та удосконалити їх. 2.Провести аналіз і показати актуальність проблеми стабілізації температурного режиму у хлібопекарських та кондитерських печах та обґрунтувати напрями їх вирішення.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>к.т.н, доц. Савеленко І.В.</i>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
<i>1</i>	<i>Вступ</i>	<i>4.10.23</i>	
<i>2</i>	<i>Аналіз сучасного стану роботи хлібопекарської та кондитерської галузей. Проблеми і напрямки удосконалення</i>	<i>14.10.23</i>	
<i>3</i>	<i>Дослідження теплотехнічних режимів роботи кондитерських печей</i>	<i>5.11.23</i>	
<i>4</i>	<i>Удосконалення енергетичних режимів в хлібопекарських та кондитерських тунельних електропечах</i>	<i>18.11.23</i>	
<i>5</i>	<i>Охорона праці та безпека життєдіяльності</i>	<i>21.11.23</i>	
<i>6</i>	<i>Висновки</i>	<i>25.11.23</i>	
<i>7</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки КР</i>	<i>28.11.23</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення презентаційної частини КР</i>	<i>3.12.2023</i>	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2023 р.

Підпис керівника _____

Анатолій ОРЛОВИЧ

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2023 р.

Підпис здобувача _____

Сергій КОЗАЧЕНКО

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота: 76 с.; 22 рис.; 5 табл.; 24 джерела

Козаченко С. Удосконалення енергетичних режимів роботи кондитерських печей. – Рукопис.

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ОПП «Енергетичний менеджмент». – Центральноукраїнський національний технічний університет. – м. Кропивницький, 2023 р.

Мета і завдання кваліфікаційної роботи полягає у розгляді теплоенергетичного режиму роботи кондитерських печей під час випікання тістових заготовок і удосконалення їх.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання: провести аналіз і показати актуальність проблеми стабілізації температурного режиму у хлібопекарських та кондитерських печах та обґрунтувати напрями їх вирішення на прикладі печей власного виробництва технічного центру ПП «Імпексмаш».

Показали проблему оптимізації конструкції печей по удосконаленню температурного режиму роботи в них. Зазначили шляхи ефективного використання енергоресурсів, шляхи утилізації виходячих газів, запропонували спосіб компенсації різниці температур всередині пічної камери, розрахували оптимальну кількість обігрівачів ТЕНів для шестимодульної печі.

Відзначено, існуючі методи не повністю забезпечують стабілізований тепловий потік на випікаєму тістову заготівку при проходженні зони випікання, обґрунтовано доцільність удосконалення і стабілізації всіх теплових потоків у печі на кожну випікаєму заготовку.

Ключові слова: хлібопекарська піч, кондитерська піч, ТЕН, тістова заготовка, тепловий режим печі, електрообігрів, система автоматичного керування

THE SUMMARY

Kozachenko S. Improving energy modes of confectionery ovens.

Specialty 141 – "Electric power, electrical engineering and electromechanics".
– "Electrical power consumption systems". – Central Ukrainian National Technical University. – Kropyvnytskyi, 2023

The purpose and task of the qualification work is to consider the thermal energy mode of operation of confectionery ovens during baking of dough blanks and their improvement.

In order to achieve the goal, the following tasks were solved: to analyze and show the relevance of the problem of stabilizing the temperature regime in bakery and confectionery ovens and to justify the direction of their solution on the example of ovens of own production of the technical center of PE "Impexmash".

They showed the problem of optimizing the design of furnaces to improve the temperature regime of their operation. Ways of efficient use of energy resources, ways of exhaust gas utilization were indicated, a method of compensating the temperature difference inside the furnace chamber was proposed, and the optimal number of heating element heaters for a six-module furnace was calculated.

It was noted that the existing methods do not fully ensure a stabilized heat flow on the baking dough blank when passing through the baking zone, the feasibility of improving and stabilizing all heat flows in the oven for each baking blank is substantiated.

Keywords: bakery oven, pastry oven, heating element, dough preparation, oven thermal mode, electric heating, automatic control system

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН РОБОТИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ГАЛУЗЕЙ. ПРОБЛЕМИ І НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ	12
1.1 Аналіз роботи хлібопекарської та кондитерської галузі в сучасних умовах держави.....	12
1.2 Класифікація промислових печей хлібопекарського та кондитерського виробництва.....	17
1.3 Тунельні каркасно-металеві печі з циклотермічним обігрівом.....	24
1.4 Особливості теплового режиму випікання в пекарській печі.....	27
Висновки до розділу 1.....	33
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОНДИТЕРСЬКИХ ПЕЧЕЙ.....	34
2.1 Конструктивні особливості кондитерської печі типу «IMPEX-termo» українського виробництва ПП «Імпексмаш».....	34
2.2 Шляхи підвищення енергоефективності режимів роботи хлібопекарських та кондитерських печей.....	40
Висновки до розділу 2	45
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕЖИМІВ В ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ТА КОНДИТЕРСЬКИХ ТУНЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРОПЕЧАХ.....	46
3.1 Удосконалення теплових режимів на прикладі печі «IMPEX-termo»	46
3.2 Тепловий розрахунок кондитерської печі та вибір кількості і потужності електричних нагрівачів.....	51

3.3 Регулювання теплових режимів в хлібопекарських і кондитерських тунельних електричних печах «IMPEX-termo»	54
Висновки до розділу 3	59
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ.....	60
4.1. Заходи охорони праці на хлібопекарських підприємствах.....	60
4.2. Метеорологічні чинники середовища хлібопекарського виробництва та їх вплив на організм людини.....	63
4.3. Вимоги щодо вибухо- і пожежобезпеки при використанні електроустановок.	
4.4. Організація цивільного захисту на об'єктах харчової промисловості.....	68
ВИСНОВКИ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ТЗ – тістова заготовка

ВТЗ – випікаємої тістової заготовки

САК – система автоматичного керування

ККД – коефіцієнта корисної дії

$T_{кам}$ – температура пароповітряного простору в печі, °С

$T_{втз}$ – температура поверхні випікаємої тістової заготовки

$T_{под}$ – температура поду печі

$T_{кам}$ – абсолютна температура в печі

Вступ

На сучасному етапі економічного розвитку України, електроенергетика має визначальний вплив на темпи зростання національної економіки та промисловості в цілому. Для успішного зростання любого підприємства, в даному випадку кондитерського виробництва, слід розглядати питання електрифікації та посилення надійності системи. Перехід технологічних процесів до менш енергоємних та більш продуктивних методів виробництва спрямований на економне використання електричної енергії та зменшення її впливу на собівартість виробництва.

Розвиток виробництва хлібобулочних виробів високої якості передбачає оптимізацію ряду виробничо-збутових процесів: установлення ефективного взаємозв'язку між виробником і споживачем; створення асортименту, що відповідає сучасним потребам населення; встановлення прийнятних цін. Питання, пов'язане з хлібопеченням або хлібопекарським виробництвом, до сьогодні залишається малодослідженим в науковому розумінні. Можливо через те, що воно виникало переважно на практиці, задовольняючи першочергові життєві потреби, шляхом випадкових спостережень попередників. Останнім часом галузь хлібопекарського виробництва проходить модернізацію, доопрацювання обладнання і у масовому виробництві з'явилися нововведення, спрямовані в основному на підвищення продуктивності та зменшення витрат виробництва.

Ефективним методом підвищення якості харчових продуктів є автоматизація і керування біохімічними, мікробіологічними, колоїдними та іншими процесами під час їх виробництва. Це насамперед стосується виробництва хліба, яке є одним з масових та традиційних продуктів в Україні. Керування процесами, що відбуваються під час випічки хліба, з метою підвищення його якості та одночасного зниження енергоспоживання при

виробництві, представляє собою ефективний підхід до вирішення важливого сільськогосподарського завдання.

При виробництві хліба ключове значення має піч, що є провідним елементом лінії виробництва. Це пояснюється тим, що у пічних агрегатах завершується весь комплекс процесів і на виході маємо готовий продукт. Якість виробленої продукції в значній мірі залежить від процесу випічки робочих камерх хлібопекарських печей. Таким чином, режим роботи хлібопекарської печі визначає не лише її техніко-економічні показники, але й зовнішній вигляд, ступінь пропеченості та об'єм хліба, якість випікається, товаропридатність, споживчі і смакові найкращі властивості.

Останнім часом у галузі хлібопекарської промисловості спостерігається постійний процес удосконалення. Він включає: розробку передових технологічних схем, орієнтованих на зменшення втрат; оптимізацію витрат сировини, автоматизацію виробничого процесу, надійність, зменшення енерговитратності. Виробничі процеси стають більш інтенсивними з постійною зміною і розширенням асортименту продукції. Внаслідок цього зростають вимоги до ключових показників технологічного та допоміжного обладнання, таких як його надійність, продуктивність і рівень автоматизації.

Мета та завдання дослідження В даній кваліфікаційній роботі ставиться задача розглянути енергетичні режими роботи кондитерських печей на прикладі печей власного виробництва технічного центру ПП «Імпексмаш» та удосконалити їх.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання: провести аналіз і показати актуальність проблеми стабілізації температурного режиму у хлібопекарських та кондитерських печах та обґрунтувати напрями їх вирішення.

Об'єктом дослідження є процес коливань температури всередині камери, що впливає на рівномірне випікання завантажувальної заготовки на прикладі тунельних печей власного виробництва ПП «Імпексаш».

Предмет дослідження – удосконалення і стабілізація прогріву в камері печей кондитерського і хлібопекарського виробництва в процесі випікання завантажувальних виробів.

Методи дослідження. Поставлені задачі і проблеми по удосконаленню в даній роботі вирішуються методом регулювання і теплового режиму, що ґрунтується на стабілізації всіх теплових потоків на виріб у печі. Дослідження базуються на основних принципах тепломасообміну, основах електротехніки, математичного моделювання, теорії автоматичного керування. Перевірка розроблених теоретичних концепцій була проведена на виробництві, де була виявлена їх практична ефективність.

Основні наукові результати роботи:

1. Визначено, що жоден існуючий метод регулювання теплового режиму в тунельних печах на підприємствах харчової промисловості є малоефективними і не враховує впливу всіх компонентів теплового потоку в процесі передачі тепла до випікаємої заготовки. Існуючі методи не повністю забезпечують стабілізований тепловий потік на випікаєму заготовку при проходженні зони випікання.

2. Обґрунтовано доцільність удосконалення і стабілізації всіх теплових потоків у печі на кожну випікаєму заготовку.

Основні практичні результати:

Загальна характеристика наукової роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Повний обсяг роботи складає 76 сторінок. Основна частина викладена на 68 сторінках друкованого тексту, містить 22 рисунки та 5 таблиць. Список використаних джерел містить 24 джерела та викладений на 2 сторінках.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН РОБОТИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ТА КОНДИТЕРСЬКОЇ ГАЛУЗЕЙ. ПРОБЛЕМИ І НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ

1.1 Аналіз роботи хлібопекарської та кондитерської галузі в сучасних умовах держави

Історичні та культурно-кулінарні особливості нашої держави належать до споживання у великій кількості борошняних виробів. Слід зазначити основні соціально значущі продукти: пастеризоване молоко, хліб житньо-пшеничний, батони, курячі яйця і рослинна олія. А хліб і хлібовироби є одним з основних продуктів харчування кожного українця.

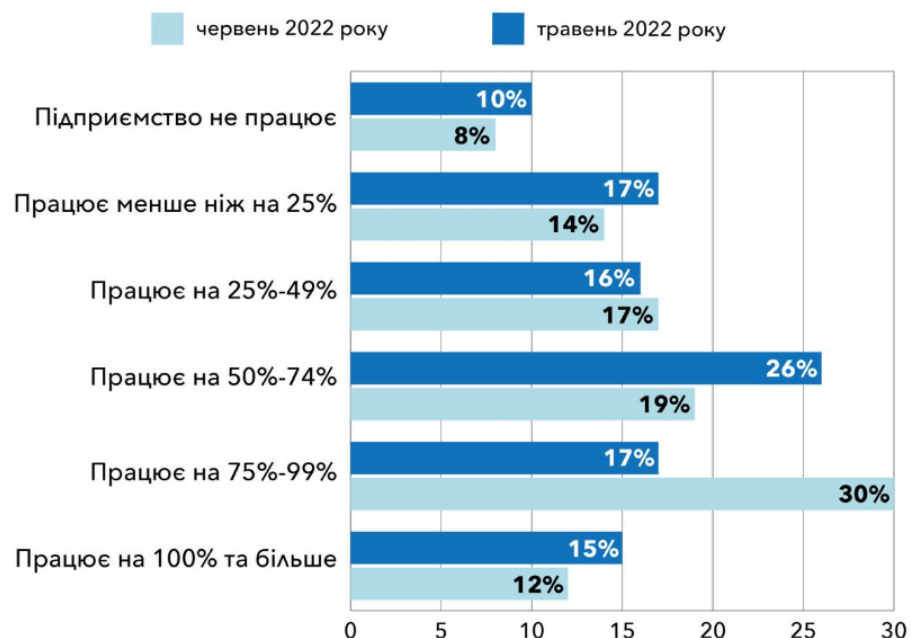
Якщо хлібопекарська продукція має найбільше стратегічне значення продовольчої безпеки, то забезпечення зерновими ресурсами є ключовим фактором і безперервне виробництво і є задачею держави.

Підприємства критичної інфраструктури в умовах воєнного стану стикнулися з серйозними випробуваннями. Пошкодження майна, розриви ланцюгів логістики, нестача палива і різке зменшення попиту на продукцію в одному регіоні, тоді як значно збільшений попит в іншому [1].

За даними анкетування інституту досліджень та політичних консультацій у 2022 році видно, що більшість підприємств, зокрема промислові, зменшили свої виробничі обсяги або закрилися повністю (рис. 1.1). У червні близько 8% підприємств припинили свою діяльність під час воєнних подій. У травні ця цифра склала вже 10%. Це підтверджує повільне відновлення виробництва тих підприємств, які повністю припиняли свою роботу. Найбільших збитків зазнало мікропідприємство, серед них найвищий відсоток підприємств, які припинили свою діяльність (16% у червні порівняно з 18% у травні). У той же час, серед великих підприємств, які мають більше

можливостей для подолання кризових ситуацій, всього 1% з них є "неактивними" [2].

До того ж ті працюючі підприємства промислової продукції до травня місяця минулого року вже змогли вийти на рівень 100% і більше масштабу виробництва (тоді як довоєнні складали 75 - 99%). За підтримки держави відбулось швидке оновлення деяких виробництв. Зазначимо, що Уряд зобов'язав приватні видобувні компанії надавати 20% газу українського видобутку на потреби підприємств соціально значущих продуктів харчування з націнкою не вище за 24%. Це зменшило стрімкого зростання вартості енергоносіїв і, як наслідок, на собівартість і кінцеву ціну необхідних людству продуктів. Хоча у січні 2022 році ціни на хлібоборошняні вироби вже мала місце зросту: пшеничний хліб (26 %), батон (25%), житньо-пшеничний хліб (31%). І мало місце підвищення ціни на основні складові хліба: борошно (на 44%), паливо на технологічні потреби (найчастіше газ, в 6 разів) та електроенергія (майже вдвічі з 3 грн до 5,76 грн) [2].



Джерело: Щомісячне опитування підприємств «Український бізнес під час війни». Інститут економічних досліджень та політичних консультацій, 2022

Рисунок 1.1 – Вплив воєнного стану на роботу промислових підприємств

Виробничі підприємства харчової промисловості у тому числі хлібопекарські відповідально ставились до безперервного постачання сировини, збереження промислових потужностей, стабільних продажів зі збереженням повного асортименту. Зруйновані підприємства розпочинали процес релокації виробничих потужностей і відновлення бізнесу в інших регіонах, адже нова реальність ставить виклик сміливим, швидким у прийнятті рішень і інноваційним підходам.

Ще одним викликом для підприємств стає загальна мобілізація сильних робочих рук. На всіх ланках виробництва мало місце модернізація виробництва з заміною фізичної сили. До того ж тривалі повітряні тривоги призводять до тривалого простою людей. Виробничі лінії потребують швидкої модернізації і максимальної автоматизації процесу виробництва.

Разом з тим з кожним днем війни ускладнювалась робота цехів і підрозділів перебоями в електропостачанні. Завдяки співпраці з місцевими органами влади та гуманітарним підтримкам вдалось всім промисловим підприємствам критичних інфраструктур встановити незалежні джерела живлення (дизель-генератори чи електрогенератори).

Ще одним викликом для хлібопекарських підприємств стало зміна смакових потреб на саму продукцію. Українські заводи і малі підприємства ще не оговтались від карантинних тривалих наслідків. Людство менше виходило в місця скупчень і на той час вимога до хлібовиробів була змінена від традиційної. Нагадаємо, що поживчий кошик українця включає споживання до 62 кг пшеничного хліба і 39 кг житнього хліба [3]. У таких умовах, ключовим було розширення асортименту хлібобулочних виробів для смакових і харчових задовольень людини в поживних речовинах, таких як білки, жири, вуглеводи, вітаміни та мінеральні речовини. То того ж активно поширювалась мода на «здорове харчування». Популярність здорового способу життя призвела до попиту на спеціальні види продукції: низькокалорійний хліб, хліб з грубим

помелом борошна, хліб з додаванням різних видів насіння, сухофруктів або гречаний хліб. Та в загальній структурі асортименту українських пекарень понад 70% займають хлібобулочні вироби, ще близько 20% – вафлі і печиво, більше 4% – здобна випічка. Всі інші кондитерські вироби разом 5,5% ринку. Детальніше сегментацію відображено на рис. 1.2.

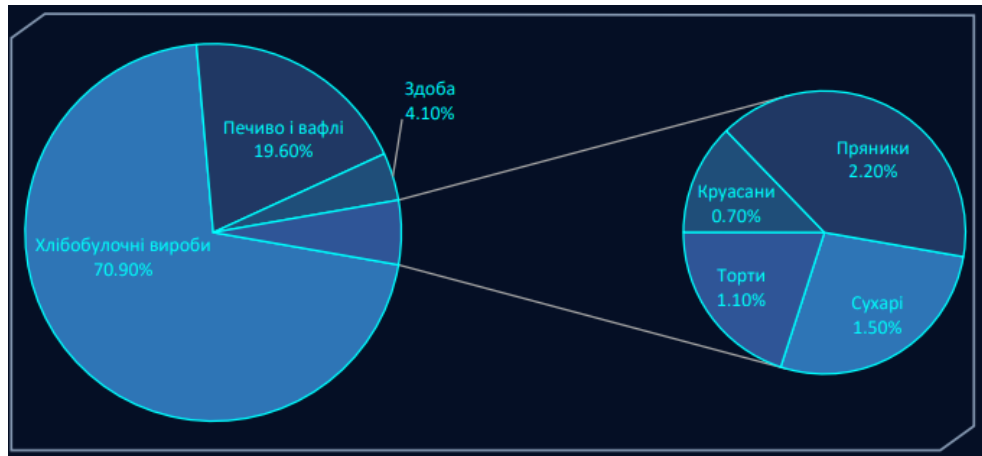


Рисунок 1.2 – Сегменти хлібопродукції в Україні, %
Джерело: Pro-consulting [5]

Підприємства дооснащувались і швидко відповідали потребам. Перевагу отримували виробники, які швидко задовольняли потреби споживачів у якісній продукції, безпечній продукції, ціноприємній. Так на перший план з виробництва хлібопродуктів виходили невеликі крафтові підприємства, міні-пекарні, які швидко налаштовувались на потреби споживача.

Для задоволення вище наведених потреб у стратегічній продукції слід нарощувати і удосконалювати обладнання. Підприємці хлібобулочних виробів на вимогу часу шукають іновативне обладнання, ресурсозберігаюче, автоматизоване, безпечне.

Питання підвищення конкурентоздатності підприємств у галузі хлібопекарства стає особливо важливим.

Сьогодні ж більша зосередженість на потребах і підтримці для Збройних Сил України, тобто на продукцію довготривалого зберігання і різні види хлібів

і батонів [3, 4]. Наведемо приклад: 2020 році загальні обсяги виробництва хліба і виробів становила 794 тис. тон (74,1% обсягів виробництва від 2017) з найбільшою питомою вагою на хліб пшеничний: у 2020 році – 40,6% (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Обсяги виробництва хліба в Україні протягом 2017-2020 рр.

Показник	2017		2018		2019		2020		Відхилення 2020/2017
	тис.т	%	тис.т	%	тис.т	%	тис.т	%	тис.тон
Хліб, нетривалого зберігання	1073	100	975	100	854	100	794	100	-278
Житній хліб	9	0,9	6,5	0,7	6,6	0,8	6,2	0,8	-3,1
Пшеничний хліб	449	42	408	42	351	41	322	41	-127
Житньо-пшеничний і пшенично-житній	342	32	306	31	263	31	242	31	-100
Виробу булочні	265	25	245	25	225	26	211	27	-54
Хліб дієтичний	1,6	0,1	1,5	0,2	1,2	0,1	1	0,1	-0,6
Хліб інший	5,2	0,5	7,7	0,8	7,2	0,8	11,4	1,4	6,2

Джерело: складено автором за даними Державної служби статистики України [4]

Випікання представляє собою завершальний етап технологічного процесу, під час якого тістова заготовка перетворюється у готовий виріб для споживання. Під час цього процесу збільшується об'єм тіста, зменшується його маса, формується об'єм продуктів, закріплюється їх форма, утворюється скоринка і м'якуш, набувається характерний смак і аромат. Це відбувається внаслідок різних процесів: теплофізичних, мікробіологічних, колоїдних, біохімічних та хімічних, що безпосередньо впливають на тістові заготовки під час випікання у печі. Тепло передається через випромінювання від нагрітих стінок і склепіння печі чи камери, конвекцію від пароповітряного середовища камери та теплопровідністю від нагрітого поду печі. Для випікання 1000 кг хліба потрібно приблизно від 300 до 550 кДж. Ця теплота витрачається на

прогрівання тістової заготовки до 180° С на її поверхні та до 96-97° С у центрі м'якушки, а також на випаровування вологи з неї. Прогрівання тістової заготовки відбувається поступово, з поверхневих шарів до центру, і кожен окремий шар прогрівається до оптимальної температури.

Теорії процесів випікання хлібовирбів вивчалися українськими вченими А.А.Міхелєвим, О.Т.Лісовенком та ін [1, 4].

Випікання заготовок відбувається у хлібопекарських печах різної конструкції за стаціонарним або змінним температурним режимом, з можливістю використання зволоження пекарської камери або без нього. Більшість видів хлібних виробів передбачена матова поверхня чи поверхня, змащена яєчним мастилом, піддаються випіканню за змінного температурного режиму із використанням зволоження пекарської камери.

1.2. Класифікація промислових печей хлібопекарського та кондитерського виробництва

Сучасні методи випічки значно відрізняються від тих, що використовувались упродовж останніх десятиліть. Печі з прямим полум'ям і печі прямого опору замінили більш ефективнішими, економічнішими простішими і безпечнішими, а саме: конвекційними, інфрачервоними, циклотермічними, термомасляними печами, гібридними та тунельними.

Серія конвекційних печей ґрунтується на примусовій прямій конвекції. На першому етапі цього методу необхідно нагріти повітря за допомогою теплообмінника, що підключений до пальника або електричного опору. Далі гаряче повітря направляється безпосередньо до камери печі для прямого контакту з тістовою заготовкою. Ця технологія подібна до примусової конвекції прямого нагріву, за винятком того, що продукти згоряння не потрапляють до пекарської камери, оскільки використовується окрема система циркуляції повітря. Це є найкращим рішенням з точки зору ризиків для здоров'я. Конвекція є популярним методом передачі тепла під час випікання [5, 6].

На сьогоднішній день в нашій державі, як у більшості розвинених європейських країнах, широкого поширення набули печі із каналними нагрівними системами. Такі печі переважно працюють на газу, рідше електричні. Такі печі є масовими для хлібопекарських підприємств і виробництво їх запроваджено в більшості країн Європи. Так основні конкуренти українським печам німецькі, італійські, словенські, чеські, польські, тощо. Фахівці продовжують активно здійснювати дослідження та впроваджувати різноманітні удосконалення в конструкцію пічного агрегату з метою підвищення його економічності, поліпшення експлуатаційних характеристик та дизайну. Наголосимо, що смакові властивості готової продукції і зовнішній вигляд наряду залежать від конструктивних переваг пічного апарату або роботи окремого його вузла.

Промислові печі умовно поділять на групи залежно від площі поду, бо одна й та сама піч може бути орієнтована на випуск різних видів продукції і мати різну продуктивність. Так, печі малої продуктивності мають площу поду до 16 м^2 , печі надмалої - з площею поду до 3 м^2 ; печі середньої продуктивності - до 50 м^2 і печі великої продуктивності - від 50 м^2 .

Також, за технологічним призначенням виділяють 2 групи: універсальні та спеціалізовані печі. Універсальні печі – дозволяють випікати вироби різного асортименту: широкий асортимент хліб-булочних виробів, подовий хліб, бубличні вироби тощо. Популярна універсальної піч типу ФТЛ-2. Спеціалізовані печі - призначені для випічки борошняних виробів окремої групи (формовий або подовий хліб, батони, дрібноштучні вироби чи борошняні кондитерські тощо). Частіше спеціалізована піч входить до складу потокової лінії виробництва одного виду продукції. Піч ХПА-40 є прикладом спеціалізованої печі в лінії вистійно-пічного агрегату для виробництва формових сортів хліба [3, 6].

За теплотехнічною ознакою чи способом генерації теплоти: печі з індивідуальним генератором тепоти. Мова йде про топку. Печі марок БН, ППП,

ХВЛ, ФТЛ-2. Та печі з центральним обігрівом, коли один генератор живить парю кілька кільцевих печей системи Марсакова.

За конфігурацію умовно поділяються на: тупікові печі (типу ФТЛ-2, ХВЛ, ХПА-40) з завантаженням і вивантаженням готової продукції через одне вікно. Їх різновид є печі малої продуктивності шкафного типу ротаційні та ярусні з дверцятами. Тунельні печі (БН, ПХС, ППП) завантаження і розвантаження здійснюється з різних кінців тунелю. Кільцеві печі - мають горизонтальну камеру у вигляді кільцевого тунелю з одним вікном для завантаження і розвантаження виробів. Прохідні - піч марки АЦХ має в пекарній камері кілька гілок конвеєра, при цьому його завантаження і розвантаження відбувається з різних сторін.

Класифікація печей за головною ознакою, а саме, за способом обігріву пекарської камери визначають [3, 6] наступні печі:

- регенеративні (або жарові печі). Випікання відбувається за рахунок акумулювання теплоти при спалюванні безпосередньо в топці. В такій печі топка виступає і в ролі пекарської камери;

- печі з пароводяним обігрівом, в яких процес нагрівання відбувається за допомогою нагрівальних пароводяних трубок Перкінса;

- печі з комбінованим обігрівом. В таких печах одночасно використовуються пароводяні трубки і канали;

- печі з паровим обігрівом. В таких печах замкнена нагрівальна система наповнюється дистильованою водою (або іншим спеціальним теплоносієм) і природньо циркулює, випаровується і віддає теплоту при конденсації через радіатори в пекарній камері;

- печі з газовим обігрівом. Спалювання газу відбувається безпосередньо в пекарній камері. Існують варіанти безполум'яного спалювання з інфрачервоним випромінюванням. Частіше такі печі використовуються для випічки кондитерських виробів;

- печі з каналним обігрівом. Ця група печей є найбільшою. Теплота передається через стінки каналів. Металеві чи цегляні канали є частиною огорожі печі. Огорожі конструкції виконуються з термостійких матеріалів [2, 3].

- циклотермічні каналні печі утворюють окрему групу. В такій печі по металевим каналам рух продуктів згорання є примусовим. Вертилятор рециркуляції є складовою частиною і частково викидає продукти згорання в димову трубу, а іншу частину направляє в камеру змішування, де відбувається поступове змішування з новими продуктами згорання палива і подальшим потраплянням в систему циклотермічного обігріву. Енергетичним паливом для таких печей може бути газ чи інший рідкий вид палива. Печі циклотермічного типу (рис. 1.3) випікають продукцію, використовуючи отримане тепло від теплообмінника, що з'єднаний із газовим пальником або електричним опором, а також за допомогою потужних вентиляторів. Ці вентилятори циркулюють нагріте повітря через напірні камери в духовці. Гаряче повітря проходить через труби над і під переміщуваними стрічкою продуктами, створюючи оптимальні умови для теплового випромінювання під час випічки. Після цього гаряче повітря повертається в теплообмінник, де знову нагрівається і продувається для нового циклу. Процес циркуляції повітря контролюється за допомогою датчиків температури та повітряних клапанів, що дозволяє легко регулювати температуру печі з високою точністю.

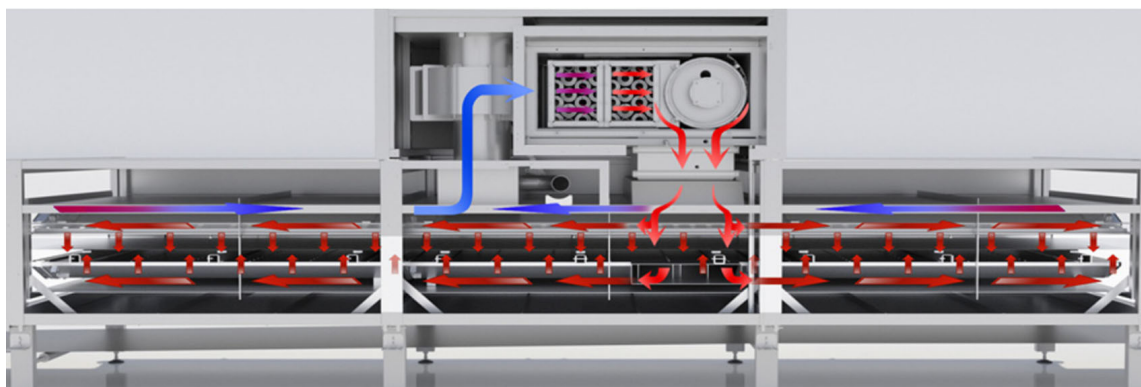


Рисунок 1.3 – Зовнішній вигляд печі циклотермічного типу [4]

Термоолива використовується для передачі енергії між термооливним котлом і духовкою і забезпечують ефективну передачу теплової енергії і роблять тим самим ефективний акумулятор тепла. Аналогічно до циклотермічної печі, де повітря є теплопровідним середовищем, термоолива протікає через верхні та нижні радіатори пічної камери. Верхні радіатори безпосередньо нагрівають верхню частину печі, тоді як нижні радіатори - генерують тепло під стрічкою печі.

Різниця температур оливи і камери печі є невеликою, тому заготівки отримують ніжне променеве тепло. Ці системи працюють економічно та екологічно, однак потребують додаткових інвестицій для обладнання котелень та коло з термомасляною ізоляцією.

- в печах з конвективним обігрівом камери гарячим повітрям здійснюється рециркуляція середовища по замкненому контуру через калорифер для нагрівання. Калорифер частіше електричний і прискорює інтенсивність процесу випічки;

- печі з комбінованим радіаційно-конвективним обігрівом. В таких печах дві системи обігріву: циклотермічна та рециркуляційна; Гібридні печі – це інноваційне рішення. Це лінія тунельних печей є найбільш раціональними (рис.1.5). Метод випічки комбінує різні технології теплопередачі, може змінюватися в процесі приготування залежно від вимог продуктів: пряма конвекція, випромінювання чи обидва методи одночасно. Основна перевага такої печі отримується від кондуктивної теплопередачі через нагріту стрічку. Таке рішення є ефективним, якісним і точним для процесу випікання. Налаштування контролю печі є гнучким, дозволяє розділити час випікання продукту на два, три або навіть більше етапів і налаштовувати специфічні параметри для початкового етапу в духовці, середньої стадії та заключних хвилин в процесі випікання.

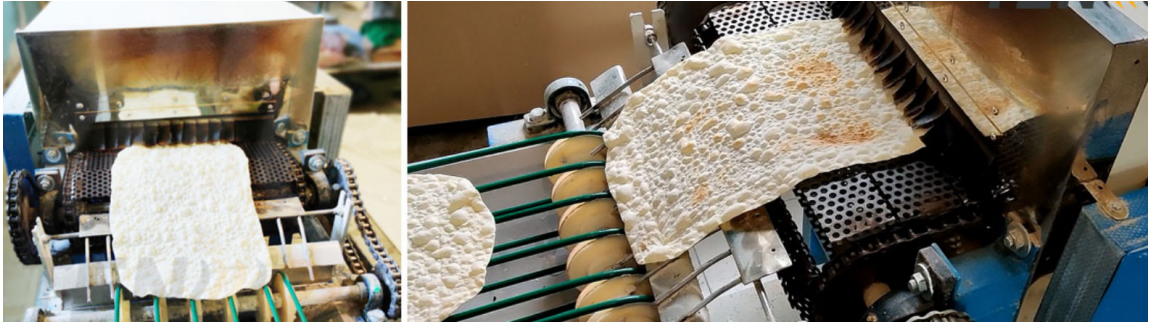


Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд інноваційної гібридної печі

- печі з електрообігрівом пекарної камери. Джерелом теплоти є трубчасті ТЕНи або нагрівальні елементи опору;

- печі з використанням інфрочервоного випромінювання. Кварцеві ІЧ-випромінювачі встановлюються зверху і пришвидшують процес випічки. Інфрачервоні печі. Інша концепція ґрунтується на використанні інфрачервоного нагрівання (рис. 1.6), де випромінювання виступає як метод передачі тепла для запікання. Кварцові випромінювачі нагріваються до високих температур і передають тепло безпосередньо на вироби, які випікаються, не підігріваючи при цьому повітря. З урахуванням високої температури випічки, інфрачервоні печі переважно застосовуються для приготування тонкого хліба, такого як лаваш, піта, піца та інші [4, 5].



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд печі інфрачервоного нагрівання

- печі з використанням мікрохвильового прогрівання. Використання високочастотних прогрівачів значно прискорює процес випічки, та традиційна

скоринка на таких виробках не утворюється. Широкого застосування такі печі не знайшли.

Класифікація печей за способом керування тепловим режимом:

- печі з ручним керуванням, здійснюється вручну з застосуванням людської праці;
- печі з напівавтоматичною системою керування. В таких печах по різних зонах і для різного асортименту налаштування виконуються вручну;
- печі автоматичні. Мають систему автоматичного регулювання САР та систему безпечної роботи і при переході на інший асортимент випікаємої продукції – автоматично настроюється тепловий режим і автоматично відбувається його регулювання, враховується завантаження печі, регулюється швидкість конвеєра, температура по зонах та вологість середовища пекарної камери.

Найпоширеніші є конвеєрні тупикові печі, що застосовуються для випікання всіх майже видів продукції. Та слід відмітити суттєвий недолік, що такі печі важко встановлювати в автоматичні і потокові лінії виробництва. Саме тому найбільшого поширення почали набувати печі тунельного типу з обігрівом печей газоподібним або рідким паливом, або за допомогою електричних нагрівальних елементів. Нагрівальні елементи можуть бути розташовані зверху та знизу пічної камери. В поточковій лінії виробництва така піч встановлюється між стійкою вистоювання тістових заготовок до кінцевого результату і обладнанням транспортування готових виробів до агрегатів укладання чи розфасовки. Піч використовується в механізованих лініях з автоматичною посадкою хліба та хлібобулочних виробів або ж виступати самостійним агрегатом. Для випікання в поточковому режимі хліба і широкого асортименту хлібобулочних виробів найкраще застосувати тунельні печі. Зручно застосовувати і для випічки печива, булочок і таке інше. Хліб чи то кондитерські вироби укладається безпосередньо на транспортер, при цьому визнається швидкість транспортера та температура випікання. Під час руху

всередині печі виконується поступове випікання виробів, і на виході отримуємо готову продукцію одразу для пакування. Передбачені автономні зони (таких, як правило, 3 чи 5), де можна зазначати різні температурні режими. Такі тип печей використовують на великих підприємствах і хлібопекарних комбінатах.

Найкраще піддаються автоматизації тунельні печі з електрообігрівом та з рециркуляцією продуктів згоряння, регулювання ведеться по температурі середовища пекарної камери по зонах печі.

1.3. Тунельні каркасно-металеві печі з циклотермічним обігрівом

В даній роботі приділено увагу печам, що отримали широке розповсюдження і найчастіше використовують на підприємствах через низьку їх переваг, зазначених у табл.1.2.

Циклотермічний каналний обігрів є широко визнаним та популярним методом. Зазвичай один пальниковий пристрій призначений для одного нагрівального контуру до 25 м² пічної камери. Залежно від розмірів площі піч може мати до 4 самостійних контурів [2].

Опалення пекарської камери здійснюється через металеві канали, по каналам циркулює суміш продуктів згоряння з відпрацьованими димовими газами. Температура в каналах не перевищує 550°C. Металеві канати з термостійкої нержавіючої сталі. Такі печі мають металевий каркас ззовні. Конструкція включає прохідну пекарську камеру тунельного типу, каналну систему рециркуляційного обігріву камери, пристрій для паропідведення вологості, систему відведення пароповітряної суміші, привід конвеєра, систему контрольно-вимірювальної техніки і автоматики (рис 1.7). Розглянемо будову і схеми обігріву стандартної моделі тунельної печей (1,5 - 4 м) з рециркуляційним обігрівом.

Для зручного огляду конвеєра та спостереження за процесом випічки в бічних стінах печі встановлені оглядові люки. Три манометричних термометри передбачено для моніторингу температури у середовищі пекарської камери.

Таблиця 1.2 – Основні переваги і недоліки тунельних печей

ПЕРЕВАГИ	НЕДОЛІКИ
каркасно-металеві огороження замість цегляних	значна металомісткість печей
Теплоізоляція виконана легкою і ефективною мінватою	високу ціну
використання газоподібного або рідкого палива, що не дає відкладень золи на стінках каналів	неможливість використовувати як паливо - тверде паливо
тривалість розігріву печей (1...1,5 год.), порівняно з цегляними печами в кілька разів меншу;	високі показники коефіцієнтів витрати повітря у вихідних газах через нещільності системи обігріву і присмоктування повітря
можуть використовуватись металеві тонкі канали з малим термічним опором при рециркуляційній схемі обігріву	Вимагають більшу виробничу площу (в 2-4 рази більшу) порівняно з багатонитковими цегляними печами
паралельний розподіл продуктів згоряння по зонах, це дозволяє здійснювати налаштування теплового режиму по кожній зоні окремо, верх і низ окремо	показники вироблення продукції з одиниці зайнятої площі при відсутності холостої гілки конвеєра у цегляної печі вищі.
проста автоматична система регулювання теплового режиму печі	
можуть працювати в одну-дві зміни	
низьку теплову інерцію печей;	
економічні	
можуть встановлюватись на будь-якому поверсі споруди	
компактність топкових пристроїв	
інтенсифікацію конвективного теплообміну в каналах	
високий коефіцієнт заводської монтажної готовності печі	
короткий строк пуско-налагоджувальних робіт	
можливість створювати ряд типорозмірів печей за рахунок нарощування секцій	
можливість використання сітчастих конвеєрних стрічок замість громіздких ланцюгово-коліскових конвеєрів, що значно полегшує умови праці і обслуговування печей	
Високий санітарний стан робочих місць	

Парасольки розташовані над посадочним і вивантажувальним отворами та зв'язані з витяжними трубами.

В області встановлення пекарської камери розташований зволожувальний пристрій з ряду перфорованих трубок, водовідділювач, вентилі та манометр, з'єднаний із паровою системою. Для видалення надлишкової вологості пекарська камера з'єднана з двома витяжними отворами і каналами, які під'єднані до вентиляційної системи підприємства.

Всі структурні елементи нагрівальної системи, що піддаються впливу газів із високою температурою, виготовлені з жаростійких сталей. Для зниження температури газу в канали використовується рециркуляція. Топки печі призначені для згорання як газу, так і рідкого палива. Для газу використовуються інжекційні пальники з середнім тиском, обладнані ручним регулюванням витрати газу та автоматичним дозуванням первинного повітря.

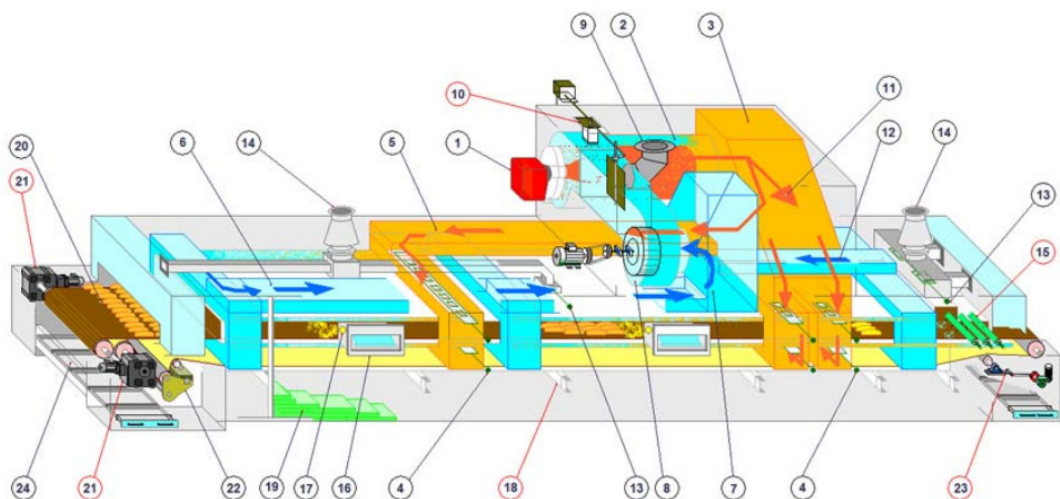


Рисунок 1.7 – Розріз циклотермічної однобаштової тунельної печі:

1 – пальник; 2 – пальникова камера; 3 – камера змішувача; 4 – регулювання температури в верхньому і нижньому радіаторах; 5 – розподільний канал, 6 – поворотний канал продуктів згорання; 7 – збірна камера охолоджених продуктів згорання; 8 – циклотермічний вентилятор опалювальної системи; 9 – газовідвідний канал; 10 – запобіжна віддушину; 11 – гарячі продукти згорання; 12 – охолоджені продукти згорання; 13 – заслінка; 14 – газовідвідний канал відводу пара з пічної камери; 15 – подвійні нержавіючі парові трубки для виводу конденсату; 16 – оглядове віконце; 17 – освітлення пічної камери; 18 – балка з ізоляційною прокладкою; 19 – термоізоляція; 20 – транспортна сітчаста стрічка; 21 – коробка передач приводу стрічки; 22 – механічний натягач; 23 – бічне регулювання стрічки; 24 – висувні вловлювачі брудю.

Гарячі гази, що формуються у топках під впливом створеної димососами тяги і пройшовши металевими каналами, передають тепло обом зонам пекарської камери. На кінці цієї системи охолоджені гази поділяються на два потоки: один направляється в димар, а інший - в камеру змішувача топки для охолодження її стінок і зниження температури нагрівальних газів. Обидві системи обладнані тягомірами для моніторингу тяги у топках, термопарами з гальванометрами для вимірювання температури газів у кінці камер змішувачів топок, переносною свічкою, вибуховими клапанами і спеціальним електромагнітним клапаном для припинення подачі газу до пальників у випадку зупинки дії димососів або при зниженні тиску в газовому потоці нижче допустимого рівня. Тунельні печі стандартно мають зону для парового зволоження; залежно від типу виробництва вони можуть бути обладнані гідравлічною системою для натягу стрічки; при цьому можливий випадок як безпосередньо на конвеєрі, так і в спеціальних формах чи на деках.

1.4. Особливості теплового режиму випікання в пекарській печі

Розглянемо більш детально теплофізичні процеси у тістовій заготовці. Зміна температури в тістовій заготовці відбувається шар за шаром. Тістова заготовка вводиться в піч з температурою 38-40°C, тоді як у зоні зволоження пекарської камери температура ця 100-140°C. Різниця в температурі призводить до конденсації пари на поверхні заготовки. Протягом 2-3 хвилин перебування в цій зоні температура поверхні тістової заготовки підвищується до 70-80° С, а температура м'якушки - до 38-40°C.

Під час подальшого прогрівання тістової заготовки в області високих температур (230-280°C) відбувається випаровування вологи з її поверхні. Поверхневий шар прогрівається до температури 100°C, втрачає вологу і, при температурі 105-115°C, формує скоринку. За цей період температура в центральних шарах тістової заготовки досягає 50-60°C.

З утворенням скоринки тістова заготовка більше в об'ємі не збільшується. Різниця в температурі між поверхневим і внутрішнім шарами породжує тепловий градієнт, цей тепловий потік спрямований від зовнішнього шару до центру. Потік тепла прогріває внутрішні шари заготовки, спричиняючи денатурацію білків, клейстеризацію крохмалю та утворення м'якуша. Чим більше випікається заготовка, тим більше вологи втрачають поверхневі шари і відповідно збільшується товщина скоринки.

Під скоринкою є граничний шар, температура якого прогрівається до 100°C і до кінця випікання залишається. Тепло цього прошарку витрачається на випаровування вологи і прогріання нижчих шарів, шарів-м'якушу [2].

У третьому періоді заготовка нагрівається до температури $\sim 150^{\circ}\text{C}$. Температура м'якушу збільшується повільно. Чим ближче до центру випікаємої заготовки, тим повільніше і може досягти $95-98^{\circ}\text{C}$. Звісно, швидкість прогрівання завантаження залежить від температури печі всередині, відносної вологості її пароповітряного середовища, кількості тістових заготовок, власної їх вологості, форми та розпушеності [6]. Найшвидше прогріваються заготовки плоскої форми, мають вищу вологість, меншу масу і краще розпушені.

Слід зазначити, що при збільшенні температура всередині камери призведе до інтенсивнішого прогрівання заготовки, але може призвести до непропереченого м'якуши і припеченої скоринки хліба.

Режим випікання включає в себе температурні параметри, параметри вологості пекарної камери по окремих зонах, і час випікання. Під час цього процесу має бути забезпечене всі зовнішні і смакові властивості готової продукції: пропеченість, певне забарвлення шкоринки, максимальний технологічний об'єм, формування смачного і ароматного м'якушу з мінімальною втратою ваги. Печі передбачають різні режими випікання для кожного виду виробів згідно технологічного рецепту. Так, випікання виробів з пшеничного борошна передбачає три-чотири температурні зони: зволоження,

зону інтенсивного теплообміну, зону пониженої температури випікання. У пекарнях тістові заготовки послідовно проходять ці зони [2].

Температура випікання. У вище зазначених зонах створюються різні температуро-вологісні режими (рис.1.8). Так, перша зона має найчастіше температуру 100-140°C і відносна вологість 70-85 %. Випікання триває близько 2-3 хв з конденсацією пари на поверхні випікаємої заготовки .

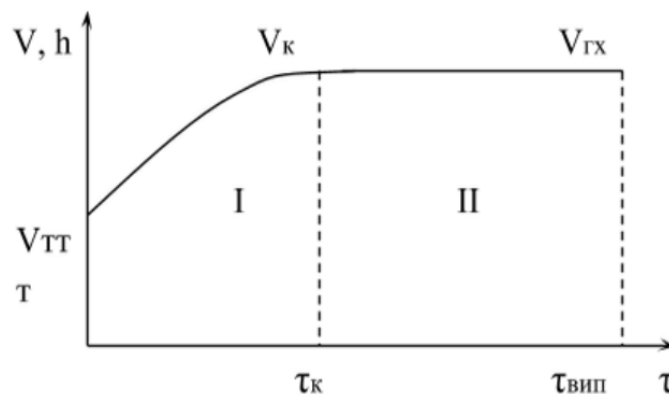


Рисунок 1.8 – Графік залежності геометричних розмірів тіста-хліба під час випікання

(V_m - об'єм випікаємої заготовки; h - висота тістової заготовки; V_k - об'єм заготовки при часі випікання τ_k ; $V_{гх}$ - об'єм гарячого хліба; $\tau_{вип}$ – повний час випікання)

Друга зона – зона високих температур (240-280°C) і без зволоження середовища. Саме у цій зоні центр заготовки прогрівається до 50-60°C, тоді як поверхня – 105-115°C, процес інтенсивного теплообміну, утворюється скоринка і закріплення об'єму виробу (рис.1.9).

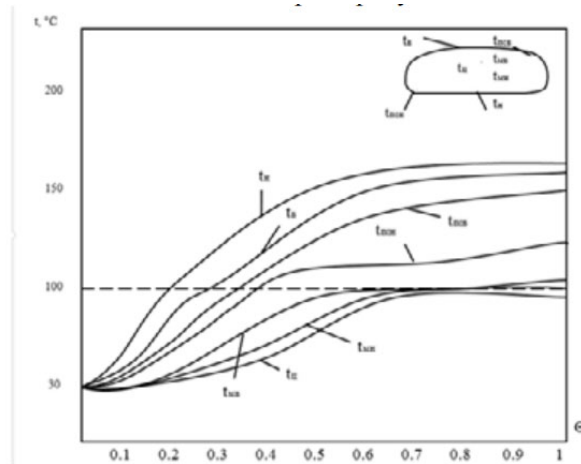


Рисунок 1.9 – Зміна температури по кожному прошарку при випіканні (Θ – відносний час випікання).

Третя зона випікання вже сформованої стабільної форми і об'єму виробів. Температура всередині камери знижується до 220-180°C, температура скоринки тим часом стає 150-170°C, а в центральній частині мякушу 85-90°C. Час випікання у третій зоні 40-60% часу від повного часу випікання. Зазначу, що температура в камері в останній зоні близька 180-150° C.

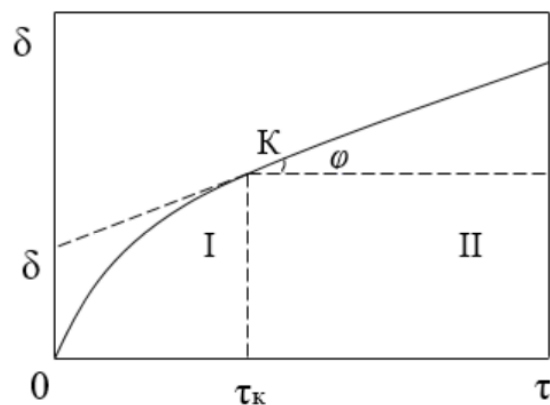


Рисунок 1.10 – Графік утворення скоринки при випіканні .

Наявність двох періодів при випіканні (рис.1.10) видно по наступних кривих зміни товщини скоринки хлібовипічки у часі. Згідно рис 1.11 бачимо, що у I періоді під час випікання процеси випаровування і переміщення пари відбувається всередині, крива зміни товщини скоринки має форму параболи.

Тоді як у II періоді, при досягненні точки К, товщина скоринки змінюється за лінійним законом і має форму прямої. Майже вся волога виходить у оточуюче середовище. Коефіцієнти b_1 показує швидкість поглинання у зоні випаровування, тоді як b_2 – в зоні товщини створюваної скоринки. Кут φ – відображає швидкість утворення скоринки в II періоді. Під час приготування муковиробів вага тіста-хліба зменшується через втрату вологи (упікання) з поверхневих шарів (рис 1.11).

Під час випікання у зволоженому середовищі маса тістової заготовки збільшується за рахунок сконденсованої вологи. Потім протікає саме процес випаровування, а вже опісля – процес зневоднення поверхневих шарів.

Слід ще зазначити, що режим випікання безпосередньо залежить від борошна. Так, для запобігання розтікання тіста – випікають при вищих температурах.

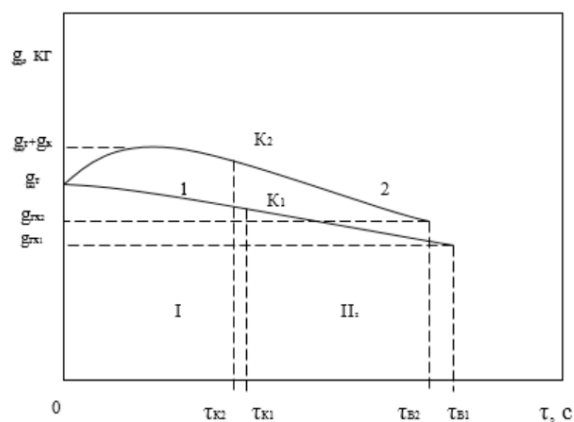


Рисунок 1.11 – Криві втрати вологи у сухому (1) та зволоженому (2) середовищі в печі [6].

Залежно від конструкції печі може біти різна кількість температурних зон. Отже, у тунельних печах площею до 25 м^2 таких зон три (3), а більшою площею $40\text{-}50 \text{ м}^2$ – їх п'ять (5) [2, 5].

Розглянемо температурні зони при випікання в тунельній печі з тривалістю випікання Θ (рис.1.12 [4]):

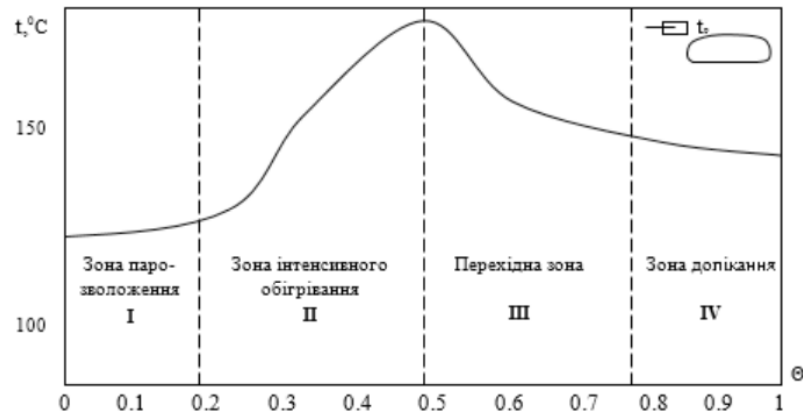


Рисунок 1.12 – Крива оптимального температурного режиму випікання хлібовиробів з пшеничного борошна при радіаційно-конвективному прогріванні.

I - зона парозволоження ($\Theta=0,125$ показує відношенням довжини цієї зони до повної довжини пекарної камери), середня температура на рівні тістової заготовки $t_0=98-102^{\circ}\text{C}$;

II - зона інтенсивного обігріву ($\Theta\approx 0,3$), $t_0=218^{\circ}\text{C}$;

III - перехідна зона ($\Theta=0,335$), $t_0=140^{\circ}\text{C}$;

IV - зона допикання ($\Theta=0,25$), $t_0=133^{\circ}\text{C}$.

ПП «Імпексамаш» є провідною українською компанією, що спеціалізується на виробництві та постачанні обладнання для хлібопекарської та харчової промисловості, різноманітне обладнання для пекарень та кондитерських виробництв, займається налагодженням обладнання і подальшим сервісом свого обладнання. Підприємство пропонує розширений асортимент продукції, включаючи печі для хлібопекарень, міксери, дозатори, тісторозкачувачі, тістодільники, преси для булочок та інші пристрої, необхідні для виробництва хліба та кондитерських виробів. Слід зазначити, що надають послуги як на внутрішньому ринку України, так і за її межами. Є активними учасниками міжнародних виставок. По деяким видам випускаємої продукції в

нашій державі її нема конкурентів. По по промисловим печам хлібопекарського виробництва можна називати виробників іноземців.

Більш детально у роботі приділена увага тунельній кондитерській печі Imprex CONDY. Тунельна піч CONDY призначена для випічки цукрового печива, а широкого асортименту печива, різних пряників і кондитерських виробів.

Висновки до розділу 1

1. Виконаний детальний аналіз роботи хлібопекарської та кондитерської галузі в сучасних умовах держави. Розглянуті передумови розвитку і зазначені проблеми розвитку хлібопекарської галузі сьогодення.

2. Детально розглянуто теплофізичні процеси у тістовій заготовці. Зазначені температурні діапазони випікаємої продукції для отримання якісної і смачної хлібопродукції на виході.

3. Виконаний опис режиму випікання заготовки.

4. У розділі зазначені традиційні типи і показані види інноваційних печей сучасного хлібовиробництва, що представлені для продажу у данай державі. Зазначено, що ПП «Імпексмаш» є передовим підприємством з виробництва хлібопекарського обладнання, що представляє власну продукцію в межах держави і за кордоном.

5. У розділі зазначена проблема стабілізації процесу коливань температури всередині камери, що впливає на рівномірне випікання завантажувальної заготовки.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ КОНДИТЕРСЬКИХ ПЕЧЕЙ

2.1 Конструктивні особливості кондитерської печі типу «IMPEX-thermo» українського виробництва ПП «Імпексмаш»

В роботі детальна увага приділена тунельній кондитерській печі українського виробництва. Піч може складатись з 3 - 6 пекарних камер. До комплекту збірки ще входять стіл подачі і прийому, витяжна система разом з пультом керування. У кожній пічній камері встановлюються електронагрівачі (ТЕНи): зверху і знизу. Ланцюговий транспортер проходить через всі камери і забезпечує безперервну подачу лотків. Зазначимо базову комплектацію печі «IMPEX-thermo» (рис. 2.1). Підприємство пропонує печі в наступних модифікаціях: IMPEX-thermo–5/3, IMPEX-thermo–5/4, IMPEX-thermo –5/5, IMPEX-thermo –5/6. Основні технічні характеристики наведені в табл. 2.1

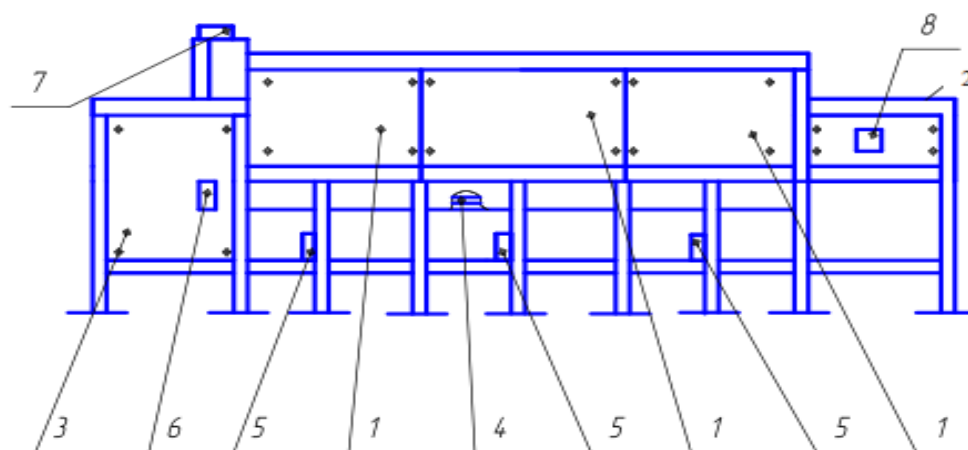


Рис.2.1 – Конструкція печі «IMPEX-thermo»

*1 – пекарський модуль; 2 – стіл завантаження; 3 – стіл вивантаження;
4 – конвеєр ланцюговий; 5 – блок симісторів; 6 – вимикач; 7 – зонд витяжний; 8 –
кнопка "пуск/стоп" конвеєра.*

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики кондитерської печі IMPEX-termo

№	ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ	МОДИФІКАЦІЯ			
		IMPEX-termo -5/3	IMPEX-termo -5/4	IMPEX-termo -5/5	IMPEX-termo -5/6
1	Кількість модулів, шт	3	4	5	6
2	Продуктивність печі (при випіканні сахарного печива за 8 хв), кг/год	100	140	180	220
3	Час випікання, хв	2 – 8	2 – 90	2 – 110	2 – 135
4	Температура випікання, °C	200 ⁰ C ±50			
5	Живлення від трифазної мережі змінного струму:				
	-напругою, В	(380 ± ³³ ₅₇)			
	- частотой, Гц	(50±1)			
6	Споживча потужність, кВт	(23±2)	(32±2)	(45±2)	(57±2)
7	Встановлена пот-сть, кВт	48	64	80	96
8	Питома витрата електроенергії, кВт/год	0,24			
9	Час безперервної роботи, год:				
	- за зміну	6,5			
	- за добу	10			
10	Час прогріву, год	0,5			
11	Габаритні розміри печі, ДхШхВ, м	5,7х0,68х0,12	7,7х0,68х0,12	9,8х0,68х0,12	11,8х0,68х0,12
12	Маса, кг	720	870	1020	1170

Основним елементом печі (рис.2.1) є пекарські модулі 1, стіл завантаження тістових заготовок 2, стіл вивантаження готового печива 3. Всі зазначені елементи поєднують ланцюговий конвеєр 4 з моторедукторним приводом.

У електропечах пекарні камери обігріваються трубчастими електричними нагрівальними елементами. Вони призначені для випічки широкого асортименту хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів. Печі з електрообігрівом є зручними в експлуатації і легкі в керуванні витрати тепла. Такі печі мають ще ряд переваг. Невелика теплова інерція конструкції,

гнучкість відносно температурного режиму і автоматичне регулювання дозволяють встановлювати режим в пекарній камері по заданому графіку. Відсутність паливневих пристроїв і легкість конструкції (невелике питоме навантаження) дозволяє встановлювати печі на будь-якому поверсі будівлі. Електроенергія, що виробляється на гідростанціях, значно дешевше за енергію, що виробляється на теплових електростанціях [10].

Система керування печами побудована на базі мікропроцесорного контролера із застосуванням пускорегулюючої апаратури вітчизняного і імпорного виробництва. При цьому можна забезпечити автоматизацію процесу випічки більш зручним способом з мінімальне технічне обслуговування, високу надійність в експлуатації, максимальний набір функцій керування піччю.

Структурна схема кондитерської печі IMPEX-termo зображена на рис 2.2. Зовнішній вигляд печі показаний на рис. 2.3 та рис. 2.4. Структурна схема печі рис. 2.5. Схема електрична принципова пульта управління показана на рис. 2.6, рис.2.7, яка побудована на базі мікропроцесорного контролера із застосуванням пускорегулюючої апаратури вітчизняного і імпорного виробництва.

Електричні тунельні печі «IMPEX-termo» мають високу експлуатаційну надійність, компоненти і матеріали високої якості. Печі проходять технічне і функціональне випробування, забезпечують рівномірну випічку всього асортименту печива пшеничних і вівсяних, економічні, сучасні, надійні.



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд печі «IMPEX-termo».



Рисунок 2.4 – Вигляд тунельної електричної печі в робочому стані.

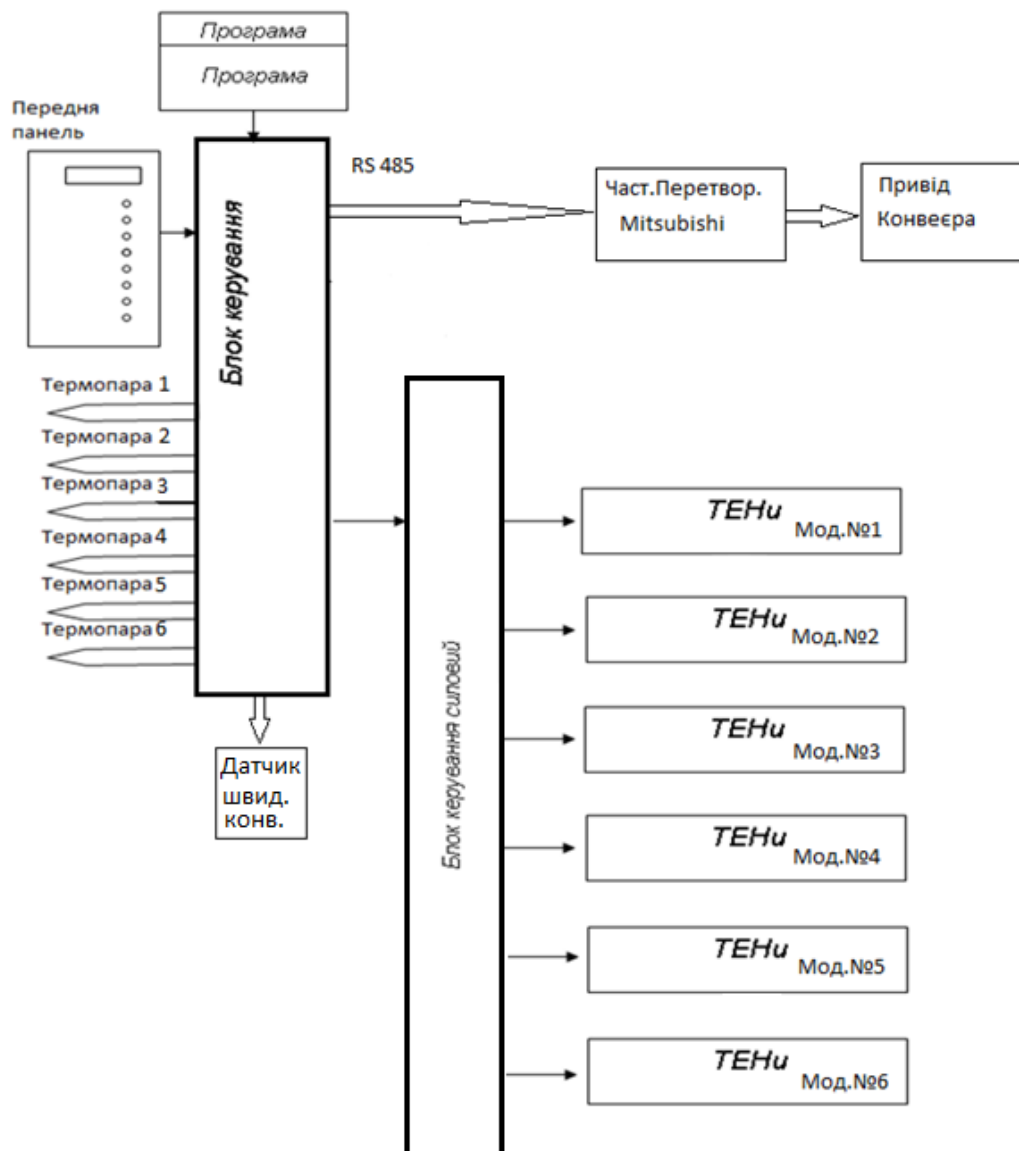


Рисунок 2.5 – Структурна схема печі.

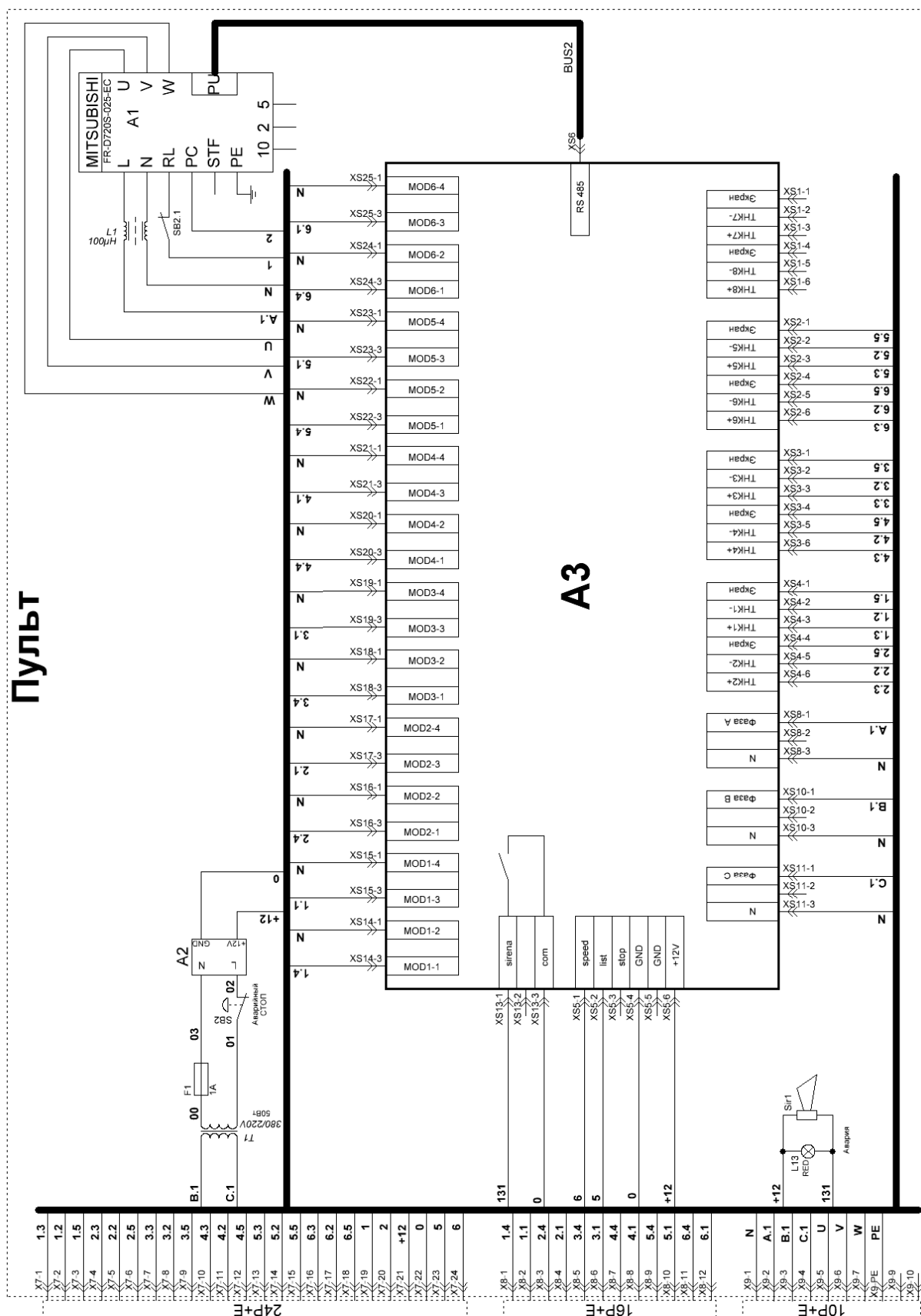


Рисунок 2.6 – Схема електрична принципова пульта управління.

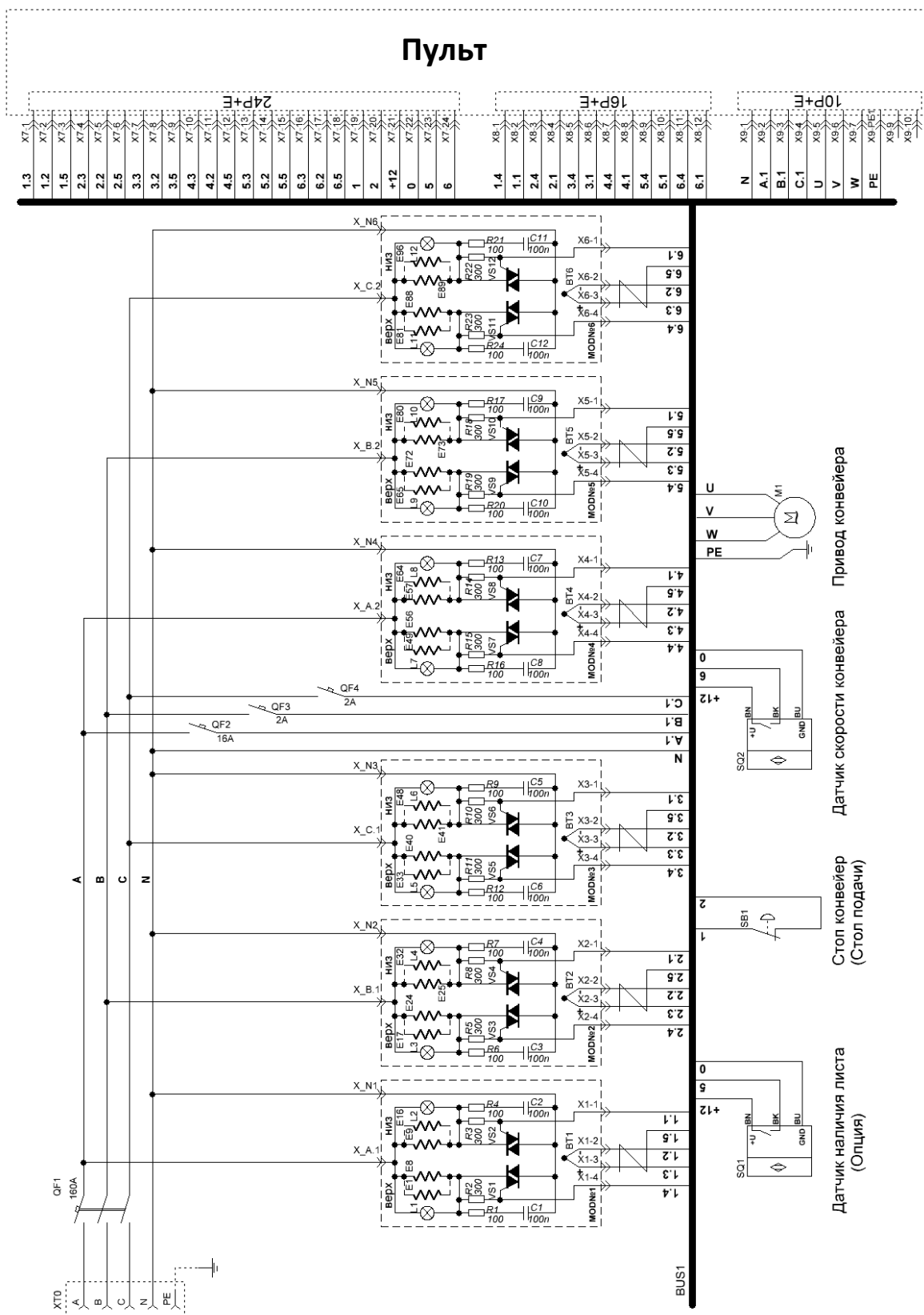


Рисунок 2.7 – Схема електрична принципова печі IMPEX-termo.

2.2 Шляхи підвищення енергоефективності режимів роботи хлібопекарських та кондитерських печей

Підвищення енергоефективності хлібопекарських та кондитерських печей можна забезпечити при оптимізації їх конструкції та удосконаленню температурного режиму роботи. Одним із способів енергоощадного використання енергоресурсів в умовах їх постійного здороження є використання якісних матеріалів конструкцій, що мають більшу довговічність. Залежності витрати палива від температури газів при змішуванні, від висоти нагрівального каналу та кількості водяної пари при однакових завантаженнях і навантаженнях на канал показують, що рециркуляція газів є енергоощадним шляхом і підвищує ефективність печі. В роботі [1] продемонстровано, що для цього доцільно в печі підтримувати температуру на максимально високому рівні, який може тільки дозволити виконати матеріал конструкції. Тобто, як конструктивний матеріал найекономічнішим є використання термостійкої сталі.

Досягти підвищення енергоефективності печей можна зменшенням вмісту інфільтрованого повітря в димових газах. Від початку створення перших пічних конструкцій і до сьогодні є актуальним питання герметизації нагрівної системи, а саме забезпечення високої щільності з'єднань. Мова йде про з'єднання окремих елементів печі між собою задля уникнення потрапляння зовнішнього повітря в пічні камери. Наслідком зазначеного процесу інфільтрації є зниження ККД печі. Причиною такого явища у більшості печей є те, що нагрівні системи працюють під розрідженням, яке створюється тягою димової труби або вентилятором рециркуляції. Герметичність пічної камери залежить від якості виконаних з'єднань на стадії виготовлення та монтажу печі. Але цей недолік важко прогнозувати при оцінці ефективності печі, оскільки він містить суб'єктивний чинник. Ця проблема є, але має невизначений характер і не знайшла свого однозначного вирішення. Місцями потрапляння повітря в нагрівальні системи печей є з'єднання трубопроводів та нагрівальних каналів, роз'ємні з'єднання газоходів, отвори у бічних стінках та коробах, через які

пропущені приводні органи засувки, якими регулюється розподіл теплоносія між зонами обігріву, верхніми та нижніми каналами тощо [1].

Так печі середньої потужності з тунельною пекарською камерою мають довжину до 20 м (потужних підприємств 40 м і більше). Такі печі складаються з секцій 1,5-4,0 м. Значна протяжність теплообмінних пристроїв, чи то газотранспортних, має необхідність встановлення компенсаторів лінійного розширення в так званих проблемних місцях поєднання окремих секцій та деталей. Тобто способом енергоощадно експлуатації печей є застосування ущільнювачів. Матеріалом для ущільнювачів може бути шнуровий азбест, просочений мастиками. Газоходи круглого перетину стикують за допомогою муфтових з'єднань. Зазначимо, що в умовах експлуатації вони втрачають щільність внаслідок їх рухливості. Необхідність використання великої кількості фланцевих з'єднань із ущільнюючими прокладками з листового азбесту виникає через секційність конструкції сучасних печей. Ці фланцеві з'єднання широко застосовуються не лише для з'єднань секцій печей, але і для з'єднань газових ходів круглого або прямокутного перерізу з перепускними та розподільними пристроями, які зазвичай мають коробчасту конструкцію. З цієї причини, в печах з циклотермічною нагрівною системою, з технологічних міркувань, неможливо досягти повної герметичності газового тракту, навіть перед початком експлуатації. Ця проблема особливо актуальна для тунельних печей.

Герметичність системи нагріву з часом зазнає змін. Під час експлуатації печі при змінних температурах спостерігається втрата щільності з'єднань через розслаблення кріплень унаслідок релаксації напружень у напружених елементах з'єднання, таких як фланці, болти, прокладки. Також відбувається старіння матеріалу прокладок та їхнє затоншення внаслідок повзучості матеріалу, термічної деструкції та жолоблення металу, іноді - його наскрізного прогорання тощо. Роботи з ущільнення слабких з'єднань, шляхом підтягування кріпильних деталей до проведення капітального ремонту печі не виконуються, оскільки це передбачає тривалу зупинку печі і практично повне розкриття

обшивки та видалення теплоізоляції. Заміна пошкоджених прокладок також вимагає повне розбирання з'єднань, і ці роботи за складністю аналогічні капітальному ремонту.

Конструктивне рішення підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) печі можливе на етапі її проектування. Для ефективного управління подачею повітря в конструкції повинно бути мінімізовано кількість рухомих та роз'ємних елементів між елементами нагрівальної системи, а саме компенсатори лінійного розширення, короби, газоходи, канали тощо, а також загальний периметр цих з'єднань. Кількість ручних регуляторів для розподілу теплоносія між тепловими зонами та всередині кожної теплової зони повинна бути зведена до мінімуму, а гідравлічний опір газового тракту від камери змішування до вентилятора рециркуляції також повинен бути зменшений до мінімуму. Перепад тиску між атмосферним повітрям і димовими газами є драйвером для інфільтрації повітря в нагрівальну систему через нещільності. Зменшення гідравлічного опору також означає зменшення розрідження в системі і, отже, перепаду тиску.

Під час етапу монтажу печі суттєве значення має точність виготовлення окремих складових частин печі, особливо в областях транспортування димових газів. Також важливі аспекти включають технологічність конструкції, зокрема, легкий доступ до місць з'єднань, і не менш важливим є уважність та ретельність персоналу під час збирання окремих вузлів між собою.

Під час функціонування печі виникає втрата герметичності газового тракту та послаблення різьбових з'єднань через термічне розширення кріпильних елементів, що може призвести до збільшення коефіцієнта витрати повітря з часом. Рекомендується періодично проводити виміри коефіцієнта витрати повітря у зазначених точках газового тракту, зокрема, в викидних газах.

Впровадження одно-двозмінного режиму роботи на хлібопекарських підприємствах призводить до збільшення загальної тривалості перехідних процесів нагрівання-охолодження і відповідних енергетичних втрат. Таким

чином, важливим параметром для печі є час, необхідний для досягнення заданого температурного режиму. Тривалість перехідного процесу залежить від інерційності конструкції (самої маси) та режиму розігрівання [10].

Під час регулювання теплового режиму після запуску печі потрібно поступово збільшувати продуктивність вентилятора рециркуляції до номінального значення від певного мінімуму (зазвичай 60-70% від номінального). Зміна об'єму рециркульованих газів є одним із способів утримання їхньої заданої температури перед введенням їх у систему нагрівання. Для цього сучасні печі випускаються з вентиляторами, оснащеними електродвигунами із змінною частотою обертання та частотним перетворювачем, які автоматично регулюють оберти в залежності від температури під час розігріву печі.

Розглянемо ще один із способів зменшення енерговитрат в хлібопекарській та кондитерській промисловості, який полягає у підвищенні ефективності використання палива в пічних агрегатах шляхом використання утилізації теплоти відходячих газів. Ці втрати теплоти в сучасних печах в номінальному режимі можуть досягати 20% подеколи навіть більше і складають основну частину загальних втрат теплоти. Цей рівень втрат залежить від конструкції печі та режимів роботи і відповідає температурі відходячих газів в межах 280-350°C. Тривалий час – ця втрата вважалась оптимальною. Тому питання використання та утилізація тепла відходячих газів дасть результат енергоощадного використання печі.

Останніми роками спостерігається тенденція до зниження температури відходячих газів. Ця тенденція фактично вказує на глибоку утилізацію теплоти відходячих газів, включаючи явну теплоту (а це 10-20%), й приховану теплоту (до 10%) пароутворення водяних парів, що містяться в димових газах та випарах. Енергетичний потенціал цих газів використовується на хлібопекарських підприємствах для покривання потреб на опалення приміщень, на гаряче водопостачання для побутових та технологічних потреб, на вироблення холоду тощо. Слід відзначити, що використання технологій

утилізації теплоти практично компенсує недоліки в експлуатації теплотехнічного обладнання. Навіть у випадку, коли ККД хлібопекарської печі невеликий, значна частина теплової енергії, яка вивільняється, може бути успішно використана і направлена на інші енергетичні потреби підприємства.

Глибока утилізація теплоти реалізується за допомогою конденсаційних теплообмінних апаратів двох видів - контактних або поверхневих. У контактних передача теплоти відбувається шляхом контакту двох середовищ (газів та води), а у поверхневих – через перегородку. Найбільшого поширення отримали поверхневі апарати, які мають суттєві переваги і більш вдосконалені. До того ж компактний конденсаційні теплоутилізатори відіграє важливу природоохоронну роль, експлуатація таких пристроїв сприяє зменшенню викидів оксиду азоту та діоксиду вуглецю в атмосферу.

В літературі можна знайти багато успішних прикладів використання утилізації газів і технічних рішень, які вже впроваджені на заводах хлібопекарського виробництва. Встановлення так званих ЕКО-блоків (фільтрів) вважається вже частиною конструкційної поставки. За допомогою таких блоків досягаються дві важливі задачі: утилізація теплоти відхідних газів та використаної пари з печей (температура викидів досягає $50 - 60^{\circ}\text{C}$, тоді як ККД досягає $95 - 97\%$) та видалення шкідливих газів із викидів в атмосферу – окиси сірки, азоту тощо [10, 11].

Висновки до розділу 2

1. В роботі детальна увага приділена тунельній кондитерській печі українського виробництва. Розглянуті її конструктивні особливості і зазначена повна комплектація. Відзначено, що електричні тунельні печі типу «IMPEX-thermo» мають високу експлуатаційну надійність, компоненти і матеріали високої якості. Печі проходять технічне і функціональне випробування, забезпечують рівномірну випічку всього асортименту печива пшеничних і вівсяних, економічні, сучасні, надійні.

2. В розділі роботи розглядались шляхи підвищення енергоефективності режимів роботи кондитерських печей. Показали проблему оптимізації конструкції печей та удосконаленню температурного режиму роботи в них. Для підтримання температур в печі на максимально можливому рівні, конструкція печей має виконуватись з якісної термостійкої сталі.

3. Зазначено, що з часом експлуатації печі необхідно виконувати перевірку і сервісне обслуговування по ущільненню слабких з'єднань, шляхом підтягування кріпильних деталей, заміни прокладок. Тобто, під час експлуатації печі підтримувати герметичність системи нагріву.

4. Шляхом підвищенні ефективності використання палива в пічних агрегатах є використання утилізації теплоти відходячих газів. Утилізації теплоти компенсує недоліки в експлуатації теплотехнічного обладнання і підвищує ККД та сприяє зменшенню викидів оксиду азоту та діоксину вуглецю в атмосферу, так температура викидів досягатиме 50 – 60⁰С, тоді як ККД становить 95 – 97%.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕЖИМІВ В ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ТА КОНДИТЕРСЬКИХ ТУНЕЛЬНИХ ЕЛЕКТРОПЕЧАХ

3.1 Удосконалення теплових режимів на прикладі печі «IMPEX-termo»

Розглянемо детально процес теплопередачі до тістової заготовки в печі. Слід прийняти: промінево-поглинаюча здатність пароповітряної суміші в камері дорівнює «0», температури поверхонь випікаємої тістової заготовки (ВТЗ), ТЕНу та поду - дорівнюють певним середньозваженим величинам. Температура в камері рівномірно розподілена за всім об'ємом. Отже, сумарний тепловий потік, що отримує тістова заготовка в печі при випічці, складається з наступних складових [1].

1. Тепловий потік, що отримується конвекцією від робочого середовища камери:

$$q_{к.к} = a_{кам-втз} (T_{кам} - T_{втз}), \quad (3.1)$$

де $a_{кам-втз}$ – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією від пароповітряного середовища камери печі до поверхні випікаємої тістової заготовки ;

$T_{кам}$ – температура пароповітряного середовища камери печі;

$T_{втз}$ – температура на поверхні тістової заготовки;

2. Тепловий потік, що отримується випромінюванням від поверхні нагрівальних елементів:

$$q_{\text{вип.не}} = C_{\text{пр.не-втз}} \varphi_{\text{не-втз}} \left[\left(\frac{T_{\text{н.не}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{втз}}}{100} \right)^4 \right], \quad (3.2)$$

де $C_{\text{пр.не-втз}}$ – приведений коефіцієнт випромінювання системи «нагрівальний елемент – випікаєма тістова заготовка»;

$T_{\text{н.не}}$ и $T_{\text{втз}}$ – абсолютні температури поверхні нагрівальних елементів і поверхні ВТЗ;

$\varphi_{\text{не-втз}}$ – коефіцієнт опромінення системи «нагрівальний елемент – випікаєма тістова заготовка».

3. Тепловий потік, що отримується випромінюванням від поверхні зведення:

$$q_{\text{вип.св}} = C_{\text{пр.св-втз}} \varphi_{\text{св-втз}} \left[\left(\frac{T_{\text{н.св}}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{\text{втз}}}{100} \right)^4 \right], \quad (3.3)$$

де $C_{\text{пр.св-втз}}$ – приведений коефіцієнт випромінювання системи «поверхня зведення – випікаєма тістова заготовка»;

$T_{\text{н.св}}$ – абсолютна температура зведення;

$\varphi_{\text{св-втз}}$ – коефіцієнт опромінення системи «зведення – випікаєма тістова заготовка».

4. Тепловий потік, що отримується кондукцією від поду печі:

$$q_{\text{кнд}} = \frac{1}{R} (T_{\text{под}} - T_{\text{втз}}), \quad (3.4)$$

де R – еквівалентний тепловий опір системи «под – випікаєма тістова заготовка»;

T_{pod} – температура поду печі;

Тепловий потік для рівномірного процесу випічки випікаємої тістової заготовки має бути постійним, тобто

$$q_{к.к} + q_{в.не} + q_{в.св} + q_{кнд} = const \quad (3.5)$$

Отже, при проходженні теплової зони кожна випікаєма заготовка отримає однакову кількість теплоти і прогрів заготовок буде рівномірним.

Для виконання умов (3.1-3.5), необхідно контролювати наступні температури: випікаємої тістової заготовки, пароповітряній суміші в камері, поверхні ТЕН, поверхні зведення і поверхні поду. Проте це технічно складно реалізовується і значно збільшує вартість такого контролю. Слід також зазначити, що теплових зон в печі не менше три. В даній роботі пропонується звести контроль до 2 найвпливовіших температур: температури поду і температури пароповітряного середовища в камері.

Под печі досить інерційний і підтримувати стабільну температури можна за допомогою звичайного Подо-регулятора, це дасть постійний тепловий потік. А тепловий потік до випікаємої тістової заготовки за допомогою кондукції буде константою.

Залишається стабілізувати тепловий потік до випікаємої тістової заготовки через верхню поверхню. За констурцією ТЕНи в печі частіше мають екран, що направляє більшу частину випромінювання на поверхню ВТЗ, то поверхня зведення обігрівается майже за допомогою конвекції від пароповітряної суміші камери, тому температура зведення не відрізняється від її температури.

Отже:

$$T_{n.св} = T_{кам} \quad (3.6)$$

Тоді умова (3.5) з врахуванням (3.6) матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} a_{кам-втз} (T_{кам} - T_{втз}) + C_{пр.не-втз} \varphi_{не-втз} \left[\left(\frac{T_{н.не}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{втз}}{100} \right)^4 \right] + \\ + C_{пр.св-втз} \varphi_{кам-втз} \left[\left(\frac{T_{кам}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{втз}}{100} \right)^4 \right] = const \end{aligned} \quad (3.7)$$

У виразі (3.7) є температура поверхні ТЕНу. Визначимо її через температуру камери і потужність ТЕНу. Сумарний тепловий потік ТЕНу складається з наступних складових:

$$q_{\Sigma теи} = \frac{P_{теи}}{S_{теи}} = q_{конв} + q_{вип} = q_{к.кам} + q_{вип.кам} + q_{вип.втз} + q_{вип.под} \quad (3.8)$$

В сучасних кондитерських печах (так само як і у хлібопекарських) для обігріву верхньої поверхні випікаємої тістової заготовки застосовуються нагрівальні елементи, які віддають велику частину теплоти випромінюванням. Для спрощення розрахунків у даній роботі конвективну складову врахуємо введенням коефіцієнта $\beta_{к.теи}$:

$$\frac{P_{теи}}{S_{теи}} = q_{конв} + q_{вип} = \beta_{к.теи} q_{вип.кам} + q_{вип.втз} + q_{вип.под} \quad (3.9)$$

Виконаємо декілька математичних перетворень і отримаємо наступне:

$$\left(\frac{T_{п.п.е}}{100}\right)^4 = \frac{\frac{P_{т.п.е}}{S_{т.п.е}} + \beta_{к.т.п.е} C_{не-кам} \varphi_{не-кам} (0,01 \cdot T_{кам})^4 + C_{не-втз} \varphi_{не-втз} (0,01 \cdot T_{втз})^4 + C_{не-под} \varphi_{не-под} (0,01 \cdot T_{под})^4}{\beta_{к.т.п.е} (\varphi_{не-кам} C_{не-кам} + \varphi_{не-втз} C_{не-втз} + \varphi_{не-под} C_{не-под})} \quad (3.10)$$

Виконаємо наступні математичні спрощення: врахуємо в (3.7) останній запис (3.10) і візьмемо до уваги, що результатом роботи системи буде стабілізація теплового потоку до ВТЗ. Тому, середня температура поверхні ВТЗ залишатиметься незмінною, і температура поду так само стабілізована незалежним регулювачем, можна записати наступне:

$$\alpha_{кам-втз} T_{кам} + \frac{C_{пр.не-втз} \varphi_{не-втз} P_{т.п.е}}{S_{т.п.е} \beta_{к.т.п.е} (\varphi_{не-кам} C_{не-кам} + \varphi_{не-втз} C_{не-втз} + \varphi_{не-под} C_{не-под})} + \frac{\beta_{к.т.п.е} C_{пр.не-втз} C_{не-кам} \varphi_{не-втз} \varphi_{не-кам} (0,01 \cdot T_{кам})^4}{\varphi_{не-кам} C_{не-кам} + \varphi_{не-втз} C_{не-втз} + \varphi_{не-под} C_{не-под}} + C_{пр.св-втз} \varphi_{св-втз} (0,01 \cdot T_{кам})^4 = const \quad (3.11)$$

Оскільки коефіцієнти є постійні у вузькому температурному діапазоні стабілізації конкретного режиму випічки, то (3.11) можна записати у вигляді:

$$P_{т.п.е} + \gamma_1 T_{кам} + \gamma_2 T_{кам}^4 = const \quad (3.12)$$

де $T_{кам}$ – абсолютна температура в печі;

γ_1 и γ_2 – деякі коефіцієнти, що залежать від конструкції камери печі, форми випікаемого виробу, типу нагрівачів. Таким чином, при відхиленні температури в камері, необхідно провести корекцію потужності ТЕНу на величину:

$$\Delta P_{т.п.е} = \gamma_2 (T_{кам}^4 - (T_{кам} + \Delta T_{кам})^4) + \gamma_1 \Delta T_{кам} \quad (3.13)$$

У кожному конкретному випадку легко визначити потужність ТЕНу і температури в камері, тому задача зводиться до вимірів при двох сталих режимах при випічці конкретної продукції. Після чого слід вирішити систему двох рівнянь з двома невідомими γ_1 і γ_2 . Система керування нагрівом переходить в режим автоматичної компенсації відхилення температури. При відхиленні температури в камері її компенсуємо потужністю ТЕНу. Температура в камері, не обов'язково повертається до первинного значення, проте сумарний тепловий потік, що отримує тістова заготовка залишається постійною.

3.2 Тепловий розрахунок кондитерської печі та вибір кількості і потужності електричних нагрівачів

Проведемо спрощений тепловий розрахунок печі. В загальному випадку для циклу роботи печі витрата теплоти за цикл буде:

$$Q_{\Pi} = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{доп}} + \Sigma Q_{\text{вит}} \quad (3.14)$$

де $Q_{\text{кор}}$ – кількість теплоти, необхідної для нагріву випікаємих тістових заготовок до заданої кінцевої температури;

$Q_{\text{доп}}$ – кількість теплоти, необхідної для нагріву допоміжних жаростійких пристроїв, які потрапляють в піч разом з завантаженням (под, дека);

$\Sigma Q_{\text{вит}}$ – сумарні теплові витрати печі за цикл.

Корисну теплоту на нагрівання виробів визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{кор}} = C_{\text{вир}} \cdot G_{\text{вир}} \cdot (t'_{\text{вир}} - t''_{\text{вир}}) = 3000 \cdot 94,5 \cdot (240 - 30) = 59535000 \text{ Дж}$$

де $C_{\text{вир}} = 3 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ – середня питома теплоємність виробу (для прикладу для цукрового тіста);

$G_{\text{вир}}$ – вага завантаження, кг;

$$G_{\text{вир}} = n_{\text{тіст. заг}} \cdot m_{\text{тіст}} \cdot n_{\text{лист}} = 9 \cdot 5 \cdot 0,012 = 0,54 \cdot 38 = 20,52 \text{ кг}$$

де $n_{\text{тіст. заг}}$ – кількість тістових заготовок;

$m_{\text{тіст}}$ – вага тістової заготовки;

$t'_{\text{вир}}$ та $t''_{\text{вир}}$ – кінцева та початкова температури виробів, $^{\circ}\text{C}$.

Визначаємо кількість теплоти $Q_{\text{доп}}$, Дж, необхідної для нагріву допоміжних завантажувальних приладів (листа, поду, дек):

$$Q_{\text{доп}} = Q_{\text{лист}} + Q_{\text{пов}} = C_{\text{лист}} \cdot G_{\text{лист}} \cdot (t''_{\text{лист}} - t'_{\text{лист}}) + C_{\text{пов}} \cdot G_{\text{пов}} \cdot (t''_{\text{пов}} - t'_{\text{пов}}) =$$

$$500 \cdot 22,8 \cdot (240 - 30) + 1005 \cdot 1,164 \cdot (240 - 30) = 2639,66 \text{ кДж};$$

де $C_{\text{лист}} = 500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$C_{\text{пов}} = 1005 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C})$ – питомі теплоємкості дека та повітря;

$G_{\text{лист}} = n_{\text{лист}} \cdot m_{\text{одного листа}} = 38 \cdot 0,6 = 22,8 \text{ кг}$;

$G_{\text{лист}}, G_{\text{пов}}$ – вага листа та повітря, кг;

$t''_{\text{лист}}, t'_{\text{лист}}$ – кінцева та початкова температури листа, $^{\circ}\text{C}$.

$t''_{\text{пов}}, t'_{\text{пов}}$ – кінцева та початкова температури повітря, $^{\circ}\text{C}$.

Сумарні теплові витрати печі дорівнюють:

$$\Sigma Q_{\text{вит}} = k_{\text{п}} \cdot (g_{\text{вит}} \cdot \tau_{\text{ц}}) = 1,3 \cdot (6930,693 \cdot 480) = 4324,7 \text{ кДж};$$

де $k_{\text{п}} = 1,15 \div 1,3$ – коефіцієнт неврахованих теплових втрат (через щілини, через виводи нагрівачів, термопари та інші елементи конструкції печі, які представляють собою теплові короткі замикання);

$g_{\text{вит}}$ - потужність теплових втрат через стінки печі в період нагріву та витримки, Вт;

$$g_{\text{вит}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}} \cdot F_{\text{вн}}} + \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{\lambda_i \cdot F_{\text{pi}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}} \cdot F_{\text{нар}}}} =$$

$$\frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}}{\frac{1}{\alpha_{\text{вн}} \cdot F_{\text{вн}}} + \frac{S_{\text{ст}}}{\alpha_{\text{ст}} \cdot F_{\text{р.ст}}} + \frac{S_{\text{ав}}}{\lambda_{\text{ав}} \cdot F_{\text{р.ав}}} + \frac{S_{\text{ст}}^1}{\alpha_{\text{ст}}^1 \cdot F_{\text{р.ст}}^1} + \frac{1}{\alpha_{\text{нар}} \cdot F_{\text{нар}}}} =$$

$$\frac{240 - 30}{\frac{1}{22 \cdot 5,4} + \frac{0,003}{51,5 \cdot 5,4} + \frac{0,01}{0,11 \cdot 6} + \frac{0,0015}{51,5 \cdot 6,4} + \frac{1}{10,4 \cdot 14,382}} = 6930,693 \text{ Вт};$$

де $t_{\text{вн}}$, $t_{\text{нар}}$ – температури в середині та зовні печі, °C;

S_i – товщина стінки, м²;

$\lambda_{\text{ст}}$, $\lambda_{\text{ст}}^1 = 51,5$;

$\lambda_{\text{ав}} = 0,11 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ – коефіцієнт теплопровідності сталі та мін вати;

$F_{\text{р.ст}}$, $F_{\text{р.ав}}$, $F_{\text{р.ст}}^1$ – розрахункові поверхні стінок, сталі та азбесту волокна відповідно;

Отже витрата теплоти за цикл:

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{кор}} + Q_{\text{доп}} + \Sigma Q_{\text{вит}} =$$

$$= 59535 + 2639,2 + 4324,7 = 66499,4 \text{ кДж};$$

Необхідну потужність печі визначаємо по витраті теплоти за цикл:

$$P_{\text{потр}} = \frac{Q_{\text{ц}}}{\tau_{\text{н}}} = \frac{66499,4}{480} = 138,54 \text{ кВт}$$

Врахуємо коефіцієнт запасу потужності печі ($k_{\text{м}} = 1,1 \div 1,5$) через зниження напруги мережі від номінального значення; підвищення опору нагрівальних елементів з часом (“старіння” матеріалу нагрівачів) чи прискорення режиму нагріву печі з холодного стану.

$$P = k_M \cdot P_{\text{потр}} = 1,48 \cdot 138540,45 = 206,4 \text{ кВт.}$$

Отже, за проведеними розрахунками вибираємо нагрівальні елементи марки ТЕН – 170Е 10/2,15 0 220, з номінальною напругою $U_n = 220 \text{ В}$ і номінальною потужністю $P_n = 2,15 \text{ кВт}$. Кількість таких елементів складе (шт), яку і приймемо до встановлення:

$$n_{\text{н.е}} = \frac{P}{P_{\text{н.е}}} = \frac{206376}{2150} = 95,98 \approx 96$$

3.3 Регулювання теплових режимів в хлібопекарських і кондитерських тунельних електричних печах «IMPEX-termo»

При потоковому виробництві хлібопекарських і кондитерських піч є основним і завершальним процесом з виробництва. Як вже зазначалось, саме від процесу випічки залежить якість продукції. Це впливає і на техніко-економічні показники печі і, як наслідок, вартості продукції.

У хлібопекарській промисловості відбувається процес постійного вдосконалення печей: розробляються нові технологічні схеми націлені на зниженні втрат, на зменшення витрат сировини і відбраковки, постійно розширюється асортимент. Отже, зростають вимоги до основних показників роботи обладнання, його надійності, економічності, продуктивності, автоматизації.

В роботі детальну увагу приділено тунельні електричні печі «IMPEX-termo» фірми «Імпексмаш» і на їх основі запропонований спосіб регулювання температурного режиму в подібних пекарних модулях. У кожній пекарній камері температурний режим створюється з допомогою (ТЕНів) з регулюванням незалежно низ та верх. Регулювання виконується за допомогою

контролера на пульті управління. Контролер розраховує необхідну потужність ТЕН по відхиленню температури та видає на ТЕН розраховану потужність за допомогою симісторів.

Контроль над швидкістю переміщення лотків на ланцюговому транспортері регулюється через використання контролера, який розраховує потрібну частоту обертів приводу та передає цю інформацію через мережу до перетворювача частоти "Mitsubishi RS 485".

Розглянемо регулювання витяжної системи. У кожній пекарній камері є витяжний патрубок, який з'єднаний з витяжним зондом, розташованим на столі для прийому. Витяжний зонд повинен бути інтегрований у загальну систему вентиляції з регульованим клапаном.

У кожному пекарному модулі температурний режим створюється за допомогою трубчастих електронагрівачів, і регулювання здійснюється за допомогою контролерної панелі, яка встановлена на пульті керування (рис.3.1).

Пульт керування розташований на передній панелі печі, виготовлений з нержавіючої сталі, і забезпечений захистом від негативних впливів, що також сприяє легкості при проведенні процедури очищення. Контрольна панель має можливість підключення до комп'ютерної системи, що виконує управління.

Пульт керування базі контролера ATmega 64A забезпечує в режимі реального часу стеження за встановленою температурою і дозволяє підтримувати необхідну температуру. Перетворювач частоти «Mitsubishi» для управління швидкістю руху ланцюгового транспортера (конвеєра). На рисунку 3.1 показані лицьова панель і зазначені всі кнопки керування пульта керування.

Розглянемо як виконується керування температурного режиму. Температура в кожному модулі можна задавати окремо при короткому натисканні клавіші 6 (нагріваючи), а подальшу зміну температури виконувати за допомогою клавіш 11 (більше) і 9 (менше).

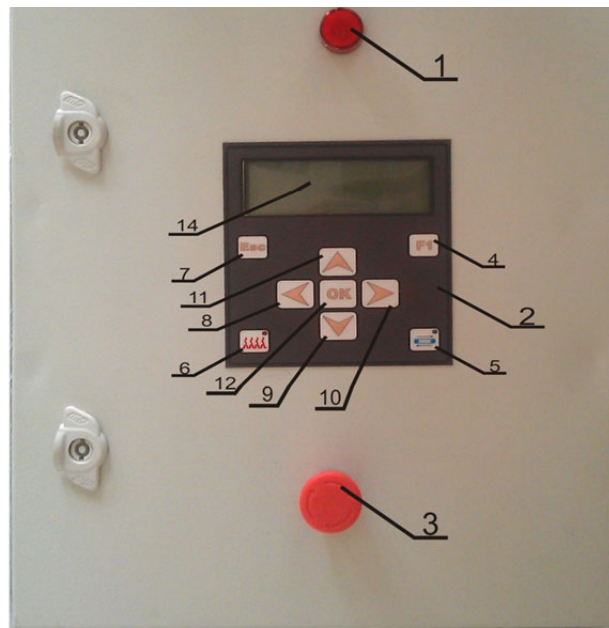


Рисунок 3.1 – Контролерна панель на пульті управління.

При цьому можна розподілити потужності нагріву верхніх і нижніх ТЕНів за допомогою клавіші «вліво» 8 (збільшити потужність верхніх ТЕН) або «вправо» 10 (збільшити потужність нижніх ТЕН). Процентне співвідношення потужностей верхніх і нижніх ТЕНів можна бачити у вигляді $P_v/P_n=60\%/40\%$. Для ясності, 60% поточної потужності віддається верхніми ТЕНами, а 40% – нижніми ТЕНами. При цьому значення «0» показує, що відповідні ТЕНи вимкнені.

В печі можливе регулювання і швидкості руху ланцюгового конвеєра. Час випічки встановлюється в основному меню панелі керування в хв і сек за допомогою клавіш 11 (більше) і 9 (менше). Команда установки необхідного часу випічки завантажень віддається приводу через 4с після встановлення на клавіатурі.

Розглянемо роботу з контролерною панеллю (рис.3.2). Панель керування має 50 програм випічки і здійснює регулювання потужності ТЕНів за допомогою ПІД-регулятора, виконує підтримку температури і співвідношення

потужностей верхніх і нижніх ТЕНів в модулях згідно поточної програми, і керує транспортером подачі листів.

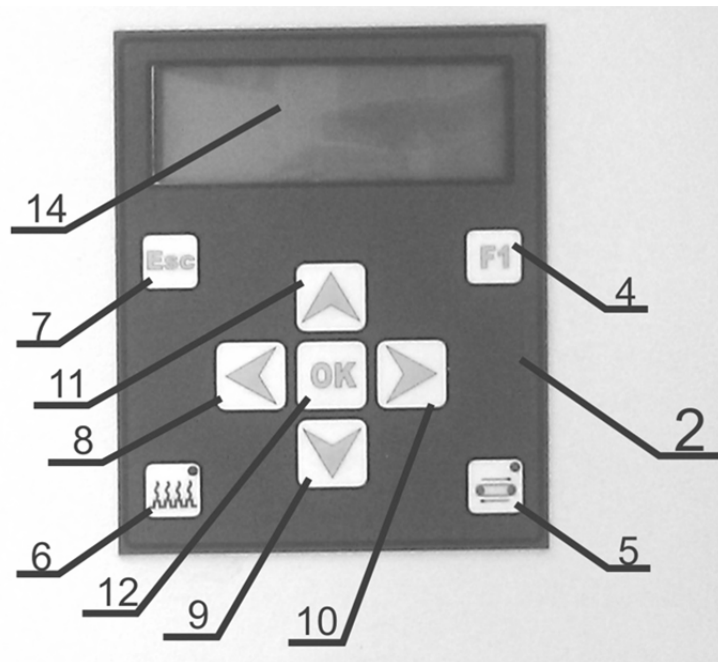


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд контролерної панелі.

Відмітимо, що регулювання потужності здійснюється з допомогою широко-імпульсного модуляції (ШІМ) потужності з плаваючою фазою вмикання. Система управління печі також здійснює діагностику роботи печі і сигналізує у разі виявленні несправності. Автоматично всі зміни параметрів в поточній програмі запам'ятовуються на незалежній пам'яті контролера.

Розглянемо основне меню. Це меню є основним і одразу висвічується при вмиканні печі. На рис.3.3 показаний зовнішній вигляд основного меню і позначенні дані, які він відображає.

У основному меню відображаються на першому рядку номер поточної програми. Другий рядок позначає номер модуля (M1) і деякі параметри задану температуру ($T_3 = 225\text{ }^{\circ}\text{C}$) та поточну температуру ($T = 19,96\text{ }^{\circ}\text{C}$). Третій рядок показує повний час випічки (5хв, 50 сек). Четвертий рядок – відсоткове співвідношення потужностей верхніх і нижніх ТЕНів. В вікні основного меню печі можуть відображатись і певні помилки.



Рисунок 3.3 – Дані основного меню печі

Споживач у режимі основного меню може виконати наступні перемикання: змінити час випіки натиснувши 11 «більше» або 9 «менше». Нове значення передається приводу і зберігається у пам'яті контролера; можлива команда вмикання/вимикання приводу транспортера короткочасним натисканням клавіші 5 «транспортер». Режим роботи транспортера висвітлюється в правому верхньому кутку екрану окремою лампочкою. Споживач може утриманням кнопки 6 більше 2с вмикати/вимикати обігрів. При цьому стан ТЕНів зазначається у кутку основного екрану.

Є можливість виконати оперативне перемикання номера модуля за допомогою клавіш 8 «вліво» і 10 «вправо». Затримка переходів циклічний модулів до 1 хв. Відключення циклічного перебору модулів чи скидання пам'яті аварій при натисненні клавіші 7 «Esc». Перехід в меню програми натисненням клавіші 4 «F1». Технічні характеристики хлібопекарської печі «IMPEX-thermo» наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики печі «IMPEX-thermo»

Кількість робочих модулів	Довжина камери (м)	Довжина печі (м)	Ел.потужність, кВт		Продуктивність, кг/г		
			середня	номінальна	Цукрове печиво	Вівсяне печиво	Пісочне печиво
2	3,8	5	16	32	70	50	25
3	5,7	7	23	48	100	80	40
4	7,6	8,85	32	64	140	115	55
5	9,5	11	45	80	180	145	70

Довжина одного модуля печі складає 1,9 м.; встановлена потужність одного модуля – 16 кВт.

Висновки до розділу 3

1. Тунельні електричні печі «IMPEX-termo» відрізняються надійністю і економічністю і при цілодобовій експлуатації.

2. Запропонований спосіб компенсації різниці температур всередині камери базується на фізичних процесах теплопереноса і дозволяє стабілізувати теплоту. При цьому приріст температури тістової заготовки при проходженні зони випічки буде постійним, тому її буде теж стабільним, що зменшує вибраковку.

3. Розрахована кількість обігрівачів ТЕН для шестимодульної печі була оптимізована шляхом урахування різних факторів. Це включає в себе теплову енергію, необхідну для нагріву завантаження до бажаної кінцевої температури, а також енергію, потрібну для обігріву допоміжних жаростійких пристроїв, які разом з завантаженням вводяться в піч. Загальна сума теплових витрат під час циклу змогла зменшити споживання електроенергії, і як результат, кількість обігрівачів ТЕН була зменшена з 108 штук до 96 штук.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Заходи охорони праці на хлібопекарських підприємствах

Організація заходів з охорони праці повинна відповідати вимогам законодавства України, зокрема "Про охорону праці" та "Про пожежну безпеку", а також враховувати вимоги, визначені Правилами техніки безпеки і виробничої санітарії для хлібопекарських підприємств та Санітарними правилами для підприємств хлібопекарської промисловості.

Технологічні процеси та обладнання, використовувані у виробництві хлібобулочних виробів, повинні відповідати стандартам, передбаченим Державними стандартами України, зокрема ДСТУ 2583-94.

Згідно з цими документами, на підприємствах слід розробляти та затверджувати інструкції з техніки безпеки для всіх професій, відповідно до вимог, визначених у положенні про розробку інструкцій з охорони праці.

Керівництво підприємства та його структурних підрозділів повинно гарантувати проведення навчання з правил безпеки праці для робітників. Кожен працівник, прийнятий на роботу та перебуваючи на ній, зобов'язаний проходити навчання, інструктаж та перевірку знань в сферах охорони праці та пожежної безпеки. Це здійснюється відповідно до нормативних актів, розроблених та схвалених керівником підприємства. Процедури навчання, інструктажі та перевірка знань працівників здійснюються відповідно до Типового положення про навчання, інструктаж та перевірку знань з охорони праці та Типового положення про спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань в галузі пожежної безпеки на підприємствах, установах та організаціях України.

Працівникам слід забезпечувати санітарний одяг, взуття, спецодяг та спецвзуття, а також необхідне індивідуальне захисту відповідно до чинних нормативів. Між обладнанням повинні бути передбачені проходи і проїзди, що гарантують безпечне обслуговування і ремонт.

Особливу увагу слід приділяти захисту ізоляції електромереж від пошкоджень і вологи. На відповідних ділянках допускається використовувати лише низьковольтну напругу.

Негативні фактори у виробництві хлібних виробів включають борошняний пил, діоксид вуглецю, теплові і вологовиділення. При роботі біля печей та іншого тепловипромінюючого обладнання необхідно створювати відповідний мікроклімат за допомогою місцевої вентиляції.

Необхідно забезпечити належну освітленість робочих місць за допомогою джерел світла та світильників. Слід вживати заходів, що сприяють загальнообмінній та місцевій вентиляції, створюючи комфортні параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях як у холодний, так і у теплий період року.

Щодо пожежної безпеки, хлібозаводи класифікуються як об'єкти категорії В. У їхніх приміщеннях необхідно приймати заходи для запобігання вибухам та виникненню пожеж, встановлювати засоби їхнього гасіння, обладнання для сигналізації, розв'язування питань пожежного водопостачання та організації шляхів евакуації персоналу.

Пекарські печі, чи то тунельні, чи тупикові з колісковим конвеєром, повинні бути обладнані системами контролю та вимірювань для моніторингу ключових параметрів технологічного процесу. Серед цих параметрів важливі температура в пекарній камері, тиск пари для зволоження виробів, а також час випічки. Також необхідно вести моніторинг параметрів горіння палива, таких як тиск газу або рідкого палива, тиск повітря біля пальників, рівень розрідження в топці, температура продуктів згоряння в камері змішання та наявність факела.

Обслуговування печей, що використовують газоподібне паливо, повинне відбуватися з урахуванням вимог "Правил безпеки систем газопостачання України". Топки та газоходи печей, які використовують газ та рідке паливо, повинні бути обладнані вибуховими клапанами. Кількість цих

клапанів регулюється відносно об'єму приміщення, яке вони захищають, і не повинна бути менше 0,05 м² площі поперечного перерізу на 1м³ об'єму простору, з мінімальною площею поперечного перерізу одного клапана 0,05 м².

Привід конвеєра печі повинен бути обладнаний запобіжним пристроєм, який захищає його від перевантаження. Для устаткування випічки виробів у приводі конвеєра передбачений додатковий ручний механізм для вивантаження у випадку аварійних ситуацій. На обох кінцях наскрізних печей та розстійно-пічних агрегатів повинні бути аварійні кнопки "Стоп". Для нагляду за роботою пальників у печах передбачені оглядові вікна із самозакриваючимися заслінками. У цих вікнах використовуються електросвітильники з робочою напругою до 42 В. Температура зовнішньої поверхні печей не повинна перевищувати 45°C. Робочі зони поблизу печей, такі як зони завантаження напівфабрикатів і вивантаження готових виробів, обладнуються витяжними зонтами.

Аварійні заходи всередині гарячої печі можуть проводитися при температурі, що не перевищує 50 °C. У цьому випадку робітники, їх кількість не менше двох, мають забезпечуватися спецодягом і рятувальними засобами та не повинні перебувати всередині печі більше 20 хвилин, з наступним 20-хвилинним періодом відпочинку.

У зв'язку із збільшенням забруднення навколишнього середовища, включаючи повітря, воду та ґрунт, виникла актуальна необхідність в захисті біосфери від забруднення. Кожне виробництво в різній мірі спричиняє забруднення довкілля, випускаючи шкідливі речовини в атмосферу, скидаючи промислові стічні води, генеруючи тверді відходи і т.д. У таких умовах нагальною стає потреба у розробці та впровадженні технологій з мінімізацією відходів, енерго- і ресурсозбереження, які б забезпечували збереження екологічної рівноваги у природному середовищі та не призводили до його забруднення. Важливим є впровадження технологій,

спрямованих на очищення повітря, стічних вод і ґрунтів. Для всіх підприємств, які впливають на довкілля, розробляється екологічний паспорт.

На підприємствах хлібопекарської галузі основними викидами в атмосферу є продукти згоряння палива, які виникають у топках хлібопекарських печей і парових котлів. Склад цих викидів залежить від типу використовуваного палива. Наприклад, при використанні природного газу основними забрудниками атмосфери є оксиди азоту і вуглецю. У випадку використання мазуту чи вугілля, крім вказаних речовин, у повітря потрапляють диоксид сірки та тверді частинки. Атмосферу також забруднюють гази, які відводяться з компресорних установок і складів для безтарного зберігання борошна. Під час бродіння тістових напівфабрикатів, таких як рідкі дріжджі, закваски, опари та тісто, у повітря приміщень виділяються діоксид вуглецю, пари етанолу, леткі кислоти, оцтовий альдегід та інші хімічні сполуки.

Разом із забрудненням атмосфери та водних ресурсів, ґрунти також стають об'єктом забруднення внаслідок промислової діяльності. Забруднення токсичними речовинами в ґрунтах може виникати через викиди у повітря, застосування пестицидів та викиди відходів промислового виробництва.

Для запобігання забрудненню ґрунтів на хлібозаводах необхідно вчасно та уважно збирати, вивозити та обробляти рідкі й тверді відходи виробничої діяльності підприємства, такі як мазут, змащувальні матеріали, промислове сміття та інші.

4.2 Метеорологічні чинники середовища хлібопекарського виробництва та їх вплив на організм людини

Мікроклімат у виробничих приміщеннях, таких як хлібопекарські підприємства, відіграє значущу роль у впливі на стан працівників та їхню працездатність. Мікроклімат визначається сукупністю таких факторів, як температура, вологість, об'єм повітря та теплове випромінювання гарячих

поверхонь у внутрішньому середовищі приміщень. У відміну від мікроклімату у житлових приміщеннях та громадських будівлях, мікроклімат виробничих приміщень, особливо на хлібопекарських підприємствах, відрізняється великою динамічністю, залежить від коливань зовнішніх метеорологічних умов, часу доби, пори року, а також теплофізичних особливостей технологічних процесів та умов опалення та вентиляції.

Мікроклімат на виробничих ділянках в основному впливає на тепловий стан людського організму та його взаємодію з оточуючим середовищем. Параметри мікроклімату мають прямий вплив на самопочуття та працездатність особи. Зменшення температури при однакових умовах призводить до збільшення тепловіддачі через конвекцію та випромінювання і може призвести до переохолодження організму. Збільшення швидкості руху повітря (типове для вентиляційних потоків) погіршує комфорт, оскільки сприяє посиленню конвективного теплообміну та процесу тепловіддачі через випаровування поту. При підвищенні температури повітря спостерігаються зворотні явища. Встановлено, що при температурі повітря понад 30°C працездатність людини починає зменшуватися. За високих температур та вологості практично всі тепловтрати організму відбуваються через випаровування поту. При збільшенні вологості піт не випаровується, а утворюється у вигляді крапель і стікає з поверхні шкіри. Низька вологість призводить до інтенсивного випаровування вологи з слизових оболонок, що може спричинити їхнє пересихання та розтріскування, а також сприяє забрудненню патогенними мікробами. Втрата води та солей, які виводяться з організму разом з потом, повинна бути компенсована, оскільки їх втрата може спричинити згущення крові та порушення функцій серцево-судинної системи. Зневоднення на рівні 6% може призвести до порушень розумової діяльності та зниження гостроти зору. Зневоднення на рівні 15-20% може бути смертельним.

Втрата солей призводить до втрати здатності крові утримувати воду, що може викликати порушення функціонування серцево-судинної системи.

При високій температурі повітря та недостатньому обсязі води в організмі відбувається посилене витрачання вуглеводнів, жирів та руйнування білків. Для відновлення водного балансу рекомендується вживати підсолену воду (з 0,5% розчином NaCl) у кількості 4-5 літрів на людину за зміну, а також споживати білково-вітамінний напій. У теплих кліматичних умовах рекомендується вживати охолоджену питну воду або чай. Тривалий вплив високої температури, особливо в умовах значної вологості, може призвести до накопичення тепла в організмі та розвитку гіпертермії, при якій температура тіла піднімається до (38-40)°C.

При гіпертермії, яка може виникнути внаслідок теплового удару, спостерігаються різноманітні симптоми, такі як головний біль, запаморочення, загальна слабкість, порушення кольорового сприйняття, сухість у роті, нудота, блювання та підвищене потовиділення. Пульс та частота дихання збільшуються, а в крові збільшується вміст залишкового азоту та молочної кислоти. На фізичному рівні може спостерігатися блідість, посиніння шкіри, розширення зіниць, можливі судоми та втрата свідомості.

За низької температури, високої рухомості та вологості повітря може виникнути переохолодження організму (гіпотермія). На початковому етапі впливу помірного холоду відзначається зниженням частоти дихання та збільшенням об'єму вдиху. З тривалим впливом холоду дихання стає неритмічним, зростає частота та об'єм вдиху, а вуглеводний обмін зазнає змін. Появляється м'язове тремтіння, при якому зовнішня робота стає неможливою, і всі енергійні ресурси тремтіння перетворюються в тепло. Це дозволяє на деякий час утримувати зниження температури внутрішніх органів. Довготривала експозиція низьким температурам може призвести до холодкових травм.

Параметри мікроклімату виробничого середовища спричиняють суттєвий вплив на продуктивність праці та на травматизм.

4.3 Вимоги щодо вибухо- і пожежобезпеки при використанні електроустановок

Ризик пожежі збільшується при порушенні правил та норм монтажу і експлуатації електричних установок. Під впливом електричного струму, при відповідних умовах, виникає потужне джерело запалювання горючого середовища. Статистика показує, що можливими джерелами запалювання є:

- невідповідність умов експлуатації електрообладнання до параметрів навколишнього середовища.
- механічні ушкодження та несправності електрообладнання, спричинені фізичними впливами.
- великі струмові перевантаження електрообладнання, апаратури і електропроводів.
- виникнення значних температур, електричних дуг та іскор в результаті короткого замикання.
- генерація іскор при розрядів статичної електрики та блискавкових розрядів.

Більшість пожеж в електроустановках харчової промисловості виникає в результаті коротких замикань, струмових перевантажень і перегріву контактів з великими перехідними опорами. Пошкодження ізоляції струмоведучих частин електрообладнання, механічні ушкодження в обмотках електродвигунів і проводах, значні вібрації, неправильний монтаж та переміщення електрообладнання є чинниками коротких замикань. Струмові перевантаження і пов'язана з ними пожежна небезпека виникають у відповідності з режимом роботи електроустановок, коли струми, які перетікають через провідники електричних машин і мереж, тривалий час перевищують допустимі значення, викликаючи небезпечне перегрівання струмоведучих частин, таких як ізоляція проводів і кабелів. Якщо температура ізоляції перевищує гранично допустимий рівень на (8 ... 10) оС, термін її служби скорочується вдвічі.

Стумові перевантаження також виникають в електричних мережах при ввімкненні електрообладнання в мережу з проводами недостатнього перерізу, пониженні напруги в мережі, механічних перевантаженнях електродвигунів та при несправності струмового захисту. Ризик пожежі збільшується при утворенні значних перехідних опорів у місцях контакту струмопровідників між собою, а також при з'єднанні струмопровідників з електрообладнанням, де може виникнути інтенсивне тепловиділення, що спричиняє перегрів струмопровідників та може призвести до запалення ізоляції і горючих матеріалів. В цих місцях можуть виникати іскри, які також створюють ризик пожежі або вибуху. Для уникнення локального перегріву струмопровідних елементів вони з'єднуються за допомогою зварювання, паяння або стискання, а при підключенні до захисної та пускорегулюючої апаратури використовуються наконечники або затискачі. В областях з великими вібраціями встановлюють пружинні шайби або контргайки.

Щоб уникнути пожеж, викликаних коротким замиканням і перевантаженням в електроустановках, використовують захисні пристрої, такі як плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі та теплові реле. Вірний вибір захисних пристроїв гарантує мінімальний час їх реакції і, отже, підвищує пожежну безпеку електроустановок. Використання нестандартних елементів захисних пристроїв настійно забороняється. Ключовим заходом щодо пожежної безпеки є адекватний вибір типів та конструкцій електроприладів, електродвигунів та іншого електрообладнання з урахуванням умов навколишнього середовища та їхньої експлуатації.

Запобігання пожежній небезпеці сприяє впровадження таких організаційних і профілактичних заходів: створення принципів, робочих і оперативних схем електромереж; використання систем захисту та блокування автоматики; належна організація мереж заземлення; розміщення попереджувальних плакатів і написів; проведення контролю, регулярного профілактичного ремонту і випробувань електрообладнання; проведення

протипожежного інструктажу, навчання та атестації персоналу, який обслуговує електроустаткування.

4.4 Організація цивільного захисту на об'єктах харчової промисловості

Для об'єктів харчової промисловості (далі - ОХП), незалежно від форм власності і підпорядкування, особливості цивільного захисту (далі - ЦЗ) визначаються завданням захисту продовольства, харчової сировини, води та систем (джерел) водопостачання від радіоактивного, хімічного і бактеріологічного зараження. Захист здійснюється через такі заходи:

- розосередження джерел одержання харчопродуктів та перевірка наявності запасів сировини й готової продукції;
- повна ізоляція сировини та готової продукції від навколишнього середовища;
- проведення комплексу санітарно-профілактичних заходів на ОХП;
- організація радіологічного, хімічного та санітарного контролю;
- проведення знезаражування.

Захист харчової сировини, напівфабрикатів, готової продукції, води на об'єктах харчової промисловості є ключовим завданням ЦЗ для переробних підприємств.

Незважаючи на наявні відмінності в уражувальному впливі радіоактивних, хімічних речовин та бактеріальних агентів, методи захисту продуктів харчування мають багато спільних особливостей. Вибір конкретного методу захисту визначається видом продукції, її обсягом і умовами зберігання. Підготовка підприємства до захисту від радіоактивних речовин (далі - РР), отруйних речовин (далі - ОР) та бактеріального зараження (далі - БЗ) передбачає розробку плану захисту (план ЦЗ) для кожного з них, в якому передбачається впровадження організаційних та інженерно-технічних заходів. Значна частина цих заходів повинна бути реалізована під час будівництва підприємства, його реконструкції та під час

проведення капітальних і поточних ремонтів. Заходи щодо захисту продуктів харчування можна класифікувати в такі групи.

Організаційні заходи є загальними для підприємств харчової промисловості у всіх галузях. Основні серед них включають:

- розосередження виробничих та складських споруд на території підприємства під час його будівництва.
- заміна обладнання на більш досконале та герметичне.
- підготовка лабораторій для аналізу продуктів харчування на забрудненість радіоактивними та хімічними отруйними речовинами.
- навчання формувань та виробничого персоналу заходам і засобам захисту харчових продуктів та сировини.
- контроль за всім комплексом заходів з захисту та підготовки до знезараження.

Під час загрози виникнення надзвичайної ситуації вживаються заходи:

- приведення формувань цивільного захисту в готовність.
- встановлення суворого пропускового режиму на підприємстві, охорона важливих об'єктів, включаючи системи водопостачання.
- підготовка до готовності пунктів санітарного оброблення (ПуСО), санітарних пропускників, знезаражувальних засобів та матеріалів.

Інженерно-технічні заходи включають в себе:

- Герметизацію виробничих та складських приміщень.
- Встановлення фільтропоглиначів на вентиляційних системах.
- Встановлення протипилових фільтрів та кондиціонерів у виробничих приміщеннях.
- Герметизацію технологічного обладнання.

Способи реалізації інженерно-технічних заходів мають багато схожих аспектів. Наприклад, для всіх галузей економіки важливим є герметизація будівель, приміщень та інших елементів виробничого комплексу. Заходи, спрямовані на захист продуктів харчування, включають використання спеціальної тари, пакувальних матеріалів та покрівельних елементів.

Щодо захисту властивостей тари, її можна розділити на три категорії: вищу, першу і другу. До вищої категорії відноситься тара, яка забезпечує захист від радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних агентів. Серед прикладів такої тари вказуються герметично закрита металева тара, скляна тара, а також деякі види дерев'яної та полімерної тари. Сюди також входять фляги з гумовою кільцевою прокладкою, сталеві та дерев'яні заливні бочки, банки для консервів, алюмінієві туби, скляні банки з закручуваними металевими кришками, пляшки з вузьким горлом, що герметично закриті металевими капсулами або запірними корками, а також пакети із комбінованого матеріалу, паперу, фольги та поліетилену.

Тара першої категорії призначена для захисту продовольства від радіоактивних речовин та бактеріальних засобів. До цієї категорії входять такі засоби, як дерев'яні бочки сухої тари, дощаті ящики з поліетиленовими вкладками, банки та пакети із комбінованого матеріалу для упаковки концентратів, круп, молока, а також пляшки із поліхлорвінілу для рослинної олії.

Тара другої категорії призначена для захисту продовольства від радіоактивних речовин, але лише частково зменшує вплив отруйних хімічних речовин та бактеріальних засобів. Це можуть бути ящики, багат шарові паперові мішки та інші аналогічні засоби. Продукцію та сировину, яка зберігається в негерметизованих приміщеннях під час загрози радіоактивного забруднення місцевості, слід захищати шляхом використання покриття із брезенту або прогумованої тканини. Крім того, на період загрози, захисне покриття застосовується для тари, яка знаходиться на полицях.

Санітарно-профілактичні заходи:

- 1) суворе дотримання правил особистої гігієни;
- 2) регулярний санітарно-гігієнічний контроль за якістю продукції, води та вододжерел;
- 3) утримання в чистоті будівель, допоміжних приміщень, обладнання відповідно до санітарних правил харчових підприємств;

4) утримання території підприємства у чистоті; під'їзні шляхи, майданчики перед виробничими та складськими приміщеннями мають бути заасфальтовані з певним ухилом для збігання промивної та атмосферної вод у бік від будівель;

5) збереження відходів у бетонних або в щільно збитих просмолених (оббитих всередині жерстю) ящиках з кришками, що щільно прилягають. Сміття та відходи слід вивозити кожний день, після чого ящики ретельно вичищати та дезінфікувати 20%-м розчином вапняного молока або розчином хлорного вапна. Наведені вище заходи сприятимуть забезпеченню стійкості підприємства харчової галузі від уражувальних факторів зовнішнього середовища в умовах дії надзвичайного стану.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі ставиться задача розглянути енергетичні режими роботи кондитерських печей на прикладі печей власного виробництва технічного центру ПП «Імпексмаш» та удосконалити їх.

Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання: провести аналіз і показати актуальність проблеми стабілізації температурного режиму у хлібопекарських та кондитерських печах та обґрунтувати напрями їх вирішення.

Отримані наступні результати:

1. Виконаний детальний аналіз роботи хлібопекарської та кондитерської галузі в сучасних умовах держави. Розглянуті передумови розвитку і зазначені проблеми розвитку хлібопекарської галузі сьогодення.

2. Детально розглянуто теплофізичні процеси у тістовій заготовці. Зазначені температурні діапазони випікаємої продукції для отримання якісної і смачної хлібопродукції на виході.

3. Виконаний опис режиму випікання тістової заготовки.

4. Зазначені традиційні типи і показані види інноваційних печей сучасного хлібовиробництва, що представлені для продажу у даній державі.

5. В роботі детальна увага приділена тунельній кондитерській печі українського виробництва. Розглянуті її конструктивні особливості і зазначена повна комплектація. Відзначено, що електричні тунельні печі типу «ІМПЕХ-термо» мають високу експлуатаційну надійність, компоненти і матеріали високої якості. Печі проходять технічне і функціональне випробування, забезпечують рівномірну випічку всього асортименту печива пшеничних і вівсяних, економічні, сучасні, надійні.

6. В розділі роботи розглядались шляхи підвищення енергоефективності режимів роботи кондитерських печей. Показали проблему оптимізації конструкції печей по удосконаленню температурного режиму роботи в них. Для підтримання температур в печі на максимально

можливого рівні, конструкція печей має виконуватись з якісної термостійкої сталі.

7. Зазначено, що з часом експлуатації печі необхідно виконувати перевірку і сервісне обслуговування по ущільненню слабких з'єднань, шляхом підтягування кріпильних деталей, заміни прокладок. Тобто, під час експлуатації печі підтримувати герметичність системи нагріву.

8. Шляхом підвищенні ефективності використання палива в пічних агрегатах є використання утилізації теплоти відходячих газів. Утилізації теплоти компенсує недоліки в експлуатації теплотехнічного обладнання і підвищує ККД та сприяє зменшенню викидів оксиду азоту та діоксину вуглецю в атмосферу, так температура викидів досягатиме $50 - 60^{\circ}\text{C}$, тоді як ККД становить $95 - 97\%$.

9. Зазначено, що тунельні електричні печі «IMPEX-thermo» відрізняються надійністю і економічністю і при цілодобовій експлуатації.

10. Запропонований спосіб компенсації різниці температур всередині камери базується на фізичних процесах теплопереноса і дозволяє стабілізувати теплоту. При цьому приріст температури тістової заготовки при проходженні зони випічки буде постійним, тому її буде теж стабільним, що зменшує вибраковку.

11. Розрахована кількість обігрівачів ТЕН для шестимодульної печі була оптимізована шляхом урахування різних факторів. Це включає в себе теплову енергію, необхідну для нагріву завантаження до бажаної кінцевої температури, а також енергію, потрібну для обігріву допоміжних жаростійких пристроїв, які разом з завантаженням вводяться в піч. Загальна сума теплових витрат під час циклу змогла зменшити споживання електроенергії, і як результат, кількість обігрівачів ТЕН була зменшена з 108 штук до 96 штук.

Зазначено, що ПП «Імпексмаш» є передовим підприємством з виробництва хлібопекарського обладнання, що представляє власну продукцію в межах держави і за кордоном.

Основні наукові результати роботи:

1. Визначено, що жоден існуючий метод регулювання теплового режиму в тунельних печах на підприємствах харчової промисловості є малоефективними і не враховує впливу всіх компонентів теплового потоку в процесі передачі тепла до випікаємої заготовки. Існуючі методи не повністю забезпечують стабілізований тепловий потік на випікаєму заготовку при проходженні зони випікання.

2. Обґрунтовано доцільність удосконалення і стабілізації всіх теплових потоків у печі на кожну випікаєму заготовку.

В роботі приділена увага заходам охорони праці на хлібопекарських підприємствах. Розглядались питання метеорологічних чинників середовища хлібопекарського виробництва та їх вплив на організм людини. Описані параметри мікроклімату виробничого середовища, що спричиняють суттєвий вплив на продуктивність праці та на травматизм на виробництві хлібопекарень. В роботі прописані вимоги щодо вибухо- і пожежобезпеки при використанні електроустановок, зазначені заходи по запобіганню пожеж в цеху. Придільна увага була і організація цивільного захисту на об'єктах харчової промисловості: загальні, у разі пожежної небезпеки чи у разі виникнення надзвичайної ситуації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://vpu7.com.ua/documents/e-library/spec-tech-kp/tehnologiya-hlibopekarskogo-vyrobnnytva.pdf>
2. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. - К.: Логос, - 2002. - С. 201-216.
3. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв/ За ред. О.Т. Лісовенка. – К.: Наукова думка. 2000. – 282 с.
4. Гвоздєв О.В., Ялпачик Ф.Ю., Олексієнко В.О. Машини та обладнання хлібопекарського виробництва: Підручник / О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик, В.О. Олексієнко. – К.: Вища освіта, 2010. - 307 с.: іл
5. <https://www.epravda.com.ua/news/2023/10/23/705764>
6. <https://ten24.com.ua/>
7. Баранов В.І Енергоефективна експлуатація хлібопекарських печей. – Київ, 2015.-С.75.
8. <https://zn.ua/ukr/business/virobnitstvo-vidnovljujetsja-ale-malomu-biznesu-dosi-vazhko.html>
9. <https://www.ukrstat.gov.ua/>
10. Склад споживчого кошика в Україні. URL (звернення 30.08.2020 р.): <https://maanimocom/ua/indexes/142767-skladspozhivchogo-koshika-v-ukrayini>
11. Баранов В.І Енергоефективна експлуатація хлібопекарських печей. – Київ, 2015.
12. Тепло- і масообмінні апарати і установки промислових підприємств. Ч.1 / за ред. Б.О. Левченко.–Харків: ХДПУ, 1999. 420 с.
13. Лісовенко О.Т., Руденко-Грицюк О.А., Літовченко І.М. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробів. К.: Наукова думка, 2000. 221 с.
14. Орлович, А. Ю. Оптимізація теплових режимів в кондитерських електропечах харчового виробництва / А. Ю. Орлович //

Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – Вип. 5 (36). – Ч. 2. – С. 110–114.

15. Яковлев В. Ф. Проектування систем електрифікації технологічних процесів на підприємствах АПК. Системи електричного освітлення : навч. посібн./В. Ф. Яковлев, Р. В. Кушлик, С. О. Квітка; за заг. ред. Яковлева В. Ф. - Мелітополь, 2010. - 106 с.

16. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Іванчук, Р. В. Сабарно. – К. : Техніка, 1991. – 192 с

17. Закон України України "Про охорону праці"
https://ips.ligazakon.net/document/t269400?ed=2022_07_28

18. Правила пожежної безпеки України
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0459-23#Text>

19. Державні санітарні правила та норми ДсанПіН 4.4.4.065-00 Гігієна харчування. Підприємства харчової та переробної промисловості
<https://ips.ligazakon.net/document/view/moz5576?an=766>

20. <http://www.impex.kr.ua/>

21. Кваліфікаційна робота магістра : метод. рекомендації до змісту, структури та оформлення кваліфікаційної роб. : для студ. спец. 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / [уклад. П. Г. Плешков, К. Г. Петрова, Н. Ю. Гарасьова та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 74 с.

22. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/13066>

23. Осокін В.В. Селезньова Ю.А., Охорона праці: питання і відповіді (у сфері торгівлі, виробництва харчової продукції, митної справи, підприємницької і економічної діяльності): Навч. посіб. – 2-ге вид. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2004. – 139с.

24. Основи безпечної експлуатації електроустановок : підручн. / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків : УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.