

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)
«__» _____ 2024р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Олександр ГАВВА
(ім'я та прізвище)
«__» _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв
на тему: Розробка тунельної печі коаксіального типу продуктивністю 160 кг/год.

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

Кольба Назарій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

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

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

(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

(ім'я та прізвище) _____ (підпис)

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

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА

“ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Кольба Назарій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи розробка тунельної печі коаксіального типу продуктивністю 160 кг/год.

керівник роботи Теличкун Володимир Іванович, професор, к.т.н.

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

затверджені наказом закл. вищої осв. від “5” квітня 2024 року № 256-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2024

р.

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст; вступ, аналіз існуючого обладнання аналогічного призначення, техніко-економічне обґрунтування; опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів, технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу, експлуатації, ремонту, заходи щодо охрони праці; загальні висновки, список використаної літератури, специфікація

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд, вузол топки, вузол вентилятора, кронштейн, пекарна камера .

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>	<i>Бойко Ю.І., доц. кафедри МАХФВ</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст</i>	<i>26.04.24</i>	<i>Виконано</i>
2	<i>Вступ</i>	<i>27.04.24</i>	<i>Виконано</i>
3	<i>Огляд обладнання для випікання хлібо-булочних виробів</i>	<i>29.04.24</i>	<i>Виконано</i>
4	<i>Технічне обґрунтування проєкту</i>	<i>30.04.24</i>	<i>Виконано</i>
5	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>02.05.24</i>	<i>Виконано</i>
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип дії тунельної печі</i>	<i>04.05.24</i>	<i>Виконано</i>
7	<i>Розрахункова частина</i>	<i>06.05.24</i>	<i>Виконано</i>
8	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>10.05.24</i>	<i>Виконано</i>
9	<i>Технологія створення кронштейна</i>	<i>12.05.24</i>	<i>Виконано</i>
10	<i>Монтаж, експлуатація та ремонт пічного агрегату</i>	<i>14.05.24</i>	<i>Виконано</i>
11	<i>Охорона праці під час роботи з піччю</i>	<i>15.05.24</i>	<i>Виконано</i>
12	<i>Висновки</i>	<i>17.05.24</i>	<i>Виконано</i>
13	<i>Список використаної літератури</i>	<i>18.05.24</i>	<i>Виконано</i>
14	<i>Графічна частина: 5 аркушів</i>	<i>19.05.24</i>	<i>Виконано</i>
15	<i>Подача КР на кафедру</i>	<i>01.06.24</i>	<i>Виконано</i>

Здобувач

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Назарій КОЛЬБА

(ім'я та прізвище)

Володимир ТЕЛИЧКУН

(ім'я та прізвище)

Анотація

В цій кваліфікаційній роботі, пропонується нова конструкція печі коаксіального типу для випікання хлібо-булочних виробів.

Нова конструкція печі полягає у виготовленню всіх основних частин з труб різних стандартних діаметрів що дозволяє значно скоротити витрати на виготовлення обладнання, в той же час отримати високу продуктивність за рахунок модульності печі.

Проект включає в себе розрахунки для визначення технічно-економічної доцільності в розробці модульної печі, розрахунки продуктивності, а також заходи щодо монтажу, ремонту та експлуатації нового обладнання.

Кваліфікаційна робота складається з 12 розділів, а саме: вступ, огляд аналогів, економічне обґрунтування, опис запропонованого рішення, розрахункова частина, вибір матеріалів для печі, виготовлення деталі, монтаж, експлуатація і ремонт обладнання, охорона праці, висновки, зміст літератури, додатки а також графічна частина яка представлена п'ятьма аркушами в форматі А1.

Ключові слова: пекарна камера, випікання, топка, хлібо-булочний виріб.

Annotation

In this qualification work, a new design of a coaxial oven for baking bread and bakery products is proposed.

The new design of the furnace consists in the manufacture of all main parts from pipes of different standard diameters, which allows to significantly reduce the costs of manufacturing equipment, at the same time, to obtain high productivity due to the modularity of the furnace.

The project includes calculations to determine technical and economic feasibility in the development of a modular furnace, performance calculations, as well as measures for installation, repair and operation of new equipment.

The qualification work consists of 12 sections, namely: introduction, review of analogues, economic justification, description of the proposed solution, calculation part, selection of materials for the furnace, manufacturing of parts, installation, operation and repair of equipment, labor protection, conclusions, contents of the literature, appendices and also the graphic part, which is represented by five sheets in A1 format.

Key words: baking chamber, baking, firebox, bakery product.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа		
Власник документу НУХТ	Розробник документа Кольба Н.В.	Назва, додаткова назва Анотація	200279.КР.10.000 ПЗ		
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA

Зміст

Вступ.....	6
1. Огляд обладнання для випікання хлібо-булочних виробів.....	7
2. Технічне обґрунтування проєкту.....	14
3. Техніко-економічне обґрунтування проєкту.....	15
4. Опис запропонованого технічного рішення та принцип дії печі коаксіального типу.....	16
5. Розрахункова частина.....	23
5.1 Розрахунок продуктивності печі коаксіального типу.....	23
5.2 Тепловий баланс печі і витрата палива.....	24
5.3 Розрахунки камери згоряння.....	28
5.4 Розрахунок теплообміну в I зоні печі.....	32
5.5 Кінематичний розрахунок.....	36
5.6 Розрахунок підшипників на міцність.....	38
6. Вибір конструкційних матеріалів.....	39
7. Технологія створення валу.....	41
7.1 Опис деталі, характеристика матеріалу.....	41
7.2 Розрахунок припусків.....	43
7.3 Технологічний маршрут.....	44
7.4 Розрахунок свердлильної операції.....	45
7.5 Розрахунок токарної операції.....	47
8. Монтаж, експлуатація та ремонт печі.....	49
9. Охорона праці.....	56
Висновки.....	57
Список використаної літератури.....	58
Додатки.....	60

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кольба Н.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	200279.КР.10.000 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA

Вступ

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розроблення нової конструкції печі коаксіального типу з високою продуктивністю.

Згідно досліджень, хлібопекарська галузь є основою для багатьох галузей харчової промисловості України і має великий вплив на національну економіку що дозволяє говорити про розвиток і зміцнення цієї надважливої галузі. Тому впровадження передових технологій, нових конструкцій і методів випікання хліба дозволить ще більше зміцнити хлібопекарну галузь що позитивно вплине на економіку України.

Ще з давніх часів люди випікали хліб, спершу використовувались печі періодичної дії, але з плином часу виникла проблема в модернізації або заміні застарілого обладнання на більш нове, яке дасть змогу випікати більше хліба при більш економному витраті палива.

В наш час, на потужних виробництвах використовують печі тунельного типу, вони дозволяють безперерійно випікати хлібо-булочні вироби і досягати високого рівню автоматизації, а також мають значно більшу продуктивність порівняно з печами періодичної дії. Одним з недоліків цих печей є потреба у великих приміщеннях тому що деякі тунельні печі мають довжину більше двадцяти метрів, також виникає проблема в неможливості модульної організації виробництва для невеликих підприємств, а також виготовленню одразу декількох різних хлібо-булочних виробів в контексті одного модуля який складається з декількох печей. Крім цього, слід зазначити що рівень автоматизації теж відіграє важливу роль у випіканні хлібо-булочних виробів, що призводить до підвищення якості роботи працівників, а також збільшується якість продукції.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документу НУХТ	Разробник документа Кольба Н.В.	Назва, додаткова назва Огляд обладнання для випікання хлібо- булочних виробів	200279.КР.10.01 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 6/62

1. Огляд обладнання для випікання хлібо-булочних виробів

Для випікання хлібу а також булочних виробів використовують різні типи печей. На потужних підприємствах здебільшого установлені печі тунельного типу які забезпечують безперервність випікання, а також значно більшу продуктивність ніж печі періодичної дії.

З технічної точки зору, сучасні тунельні печі повинні мати таку конфігурацію, яка буде містити в собі не тільки переваги попередніх варіантів тунельних печей, так і вирішувати проблеми які пов'язані з значними витратами палива а також втратами тепла в навколишнє середовище.

До переваг тунельних печей можна віднести:

- Металеві огороження замість цегляних;
- Можливість легкого монтажу і транспортування;
- Використання газоподібного або рідкого палива;
- Короткий термін налагоджування;
- Печі розігріваються значно швидше, порівнюючи з цегляними;
- Можливість виготовляти різні типи виробів;
- Простіша заміна деталей які вийшли з ладу;

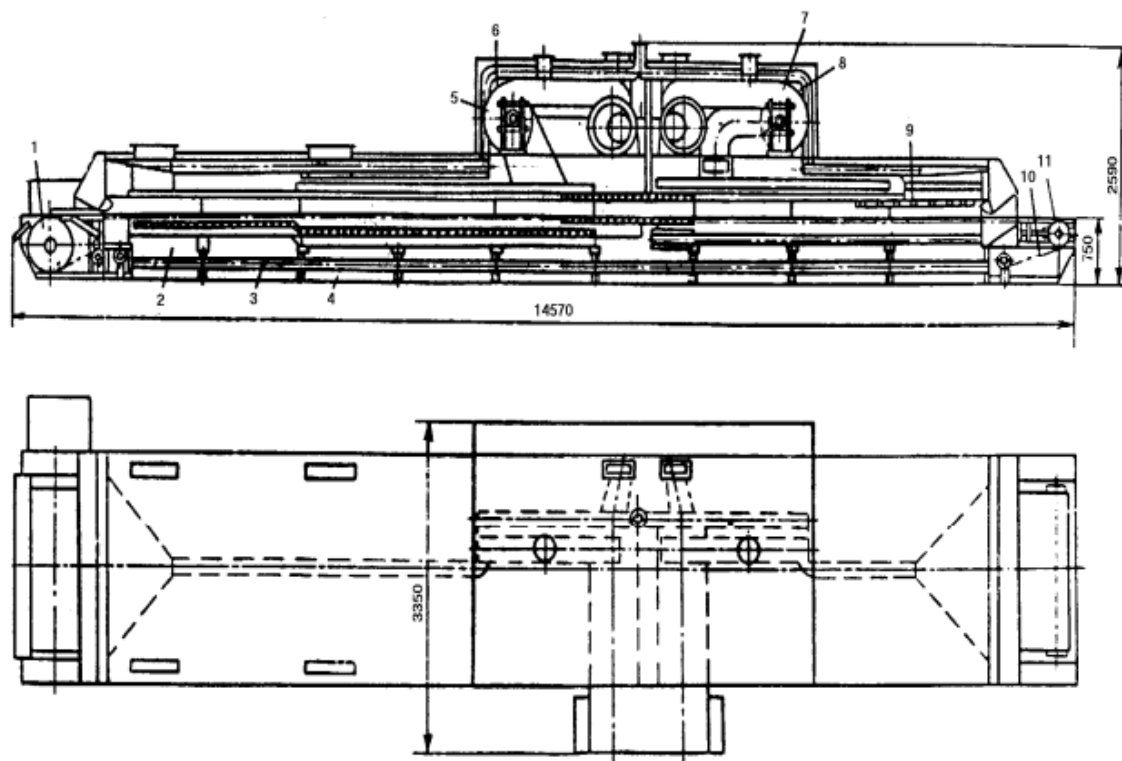
Але крім переваг також тунельні печі мають і недоліки:

- Значно більша ціна порівнюючи з цегляними печами періодичного типу;
- Потрібні значно більші приміщення для налагодження роботи установки;
- Висока металомісткість;
- Неможливість використовувати інші типи палива крім рідкого і газоподібного;
- Вищі показники виходу тепла з пекарної камери;
- Потреба в технічному обслуговуванні високого рівня кваліфікації

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Телічкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа		
Власник документу НУХТ	Разробник документа Кольба Н.В.	Назва, додаткова назва Огляд обладнання для випікання хлібо- булочних виробів	200279.КР.10.01 ПЗ			
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш 7/62

На території України однією з перших печей тунельного типу була

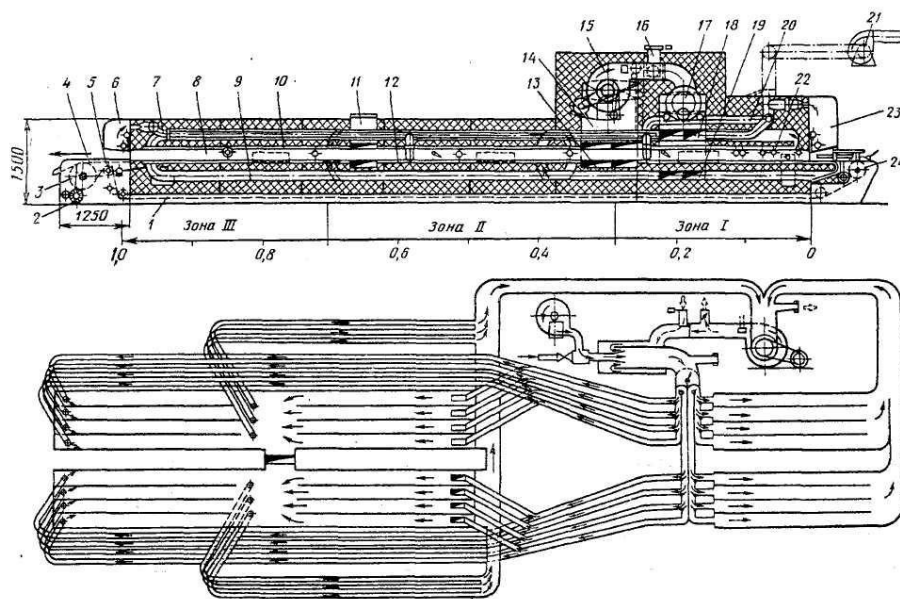
Г4-ПХЗС25



Піч хлібопекарська Г4-ПХЗС-25 тунельного типу, з сітчастим подом. Вона складається з восьми секцій які утворюють пекарну камеру і топку. Всередині секцій пекарної камери проходять канали газоходи, по яких циркулюють гарячі продукти згоряння газу. Всі газоходи печі знаходяться під розрідженням, яке створюється двома відцентровими вентиляторами.

Привід сітчастого пода функціонує від електродвигуна через редуктор та варіатор, це дозволяє змінювати час випікання в межах від 12 до 72 хвилин, також піч має два незалежні контури обігріву.

В першому газовому контурі, що обігріває вхідну ділянку пекарної камери, продукти згоряння, що виходять з топки, змішуються в камері змішування з рециркулюючими газами та охолоджуються до температури від 400 до 600 °С.



Піч марки БН-25 та схема її обігріву

1 – холоста гілка конвеєра; 2 – щітка; 3 – привідний барабан; 4 – робоча гілка конвеєра; 5 – натяжний пристрій; 6; 23 – витяжний зонт; 7; 9; 20 – труба; 8 – пекарна камера; 10; 12 – нагрівальні канали; 11 – патрубок; 13; 18; 19 – короби; 14 – канал; 15; 21 – вентилятор; 16 – димар; 17 – топка; 22 – парозволожувальний пристрій; 24 – натяжний барабан.

Відпрацьовані димові гази повертаються на рециркуляцію в камеру змішування, а залишки викидаються через димову трубу. Канали газоходи оснащені патрубками з клапанами, а парозволожувальний пристрій являє собою шість перфорованих труб які розпиляють пару на продукцію. Виведення зайвих випарів з печі проводиться за допомогою вентилятора.

Для управління тепловим режимом використовують двохпозиційний регулятор температури.

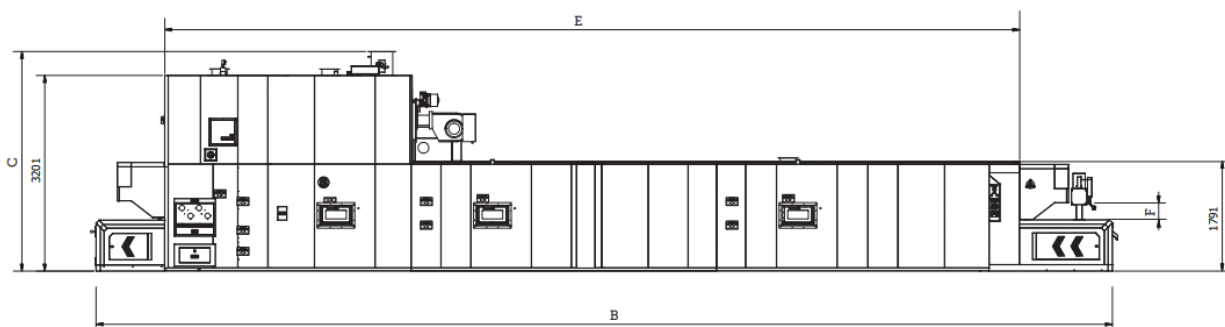
Печі БН-50 майже не відрізняються від БН-25, вони виготовляються з однакових компонентів, але мають не одну, а дві автономних топки пристосованих для спалювання газоподібного або рідкого палива.

Що до зарубіжних аналогів, можна виокремити турецьку компанію «Kumkaşa».

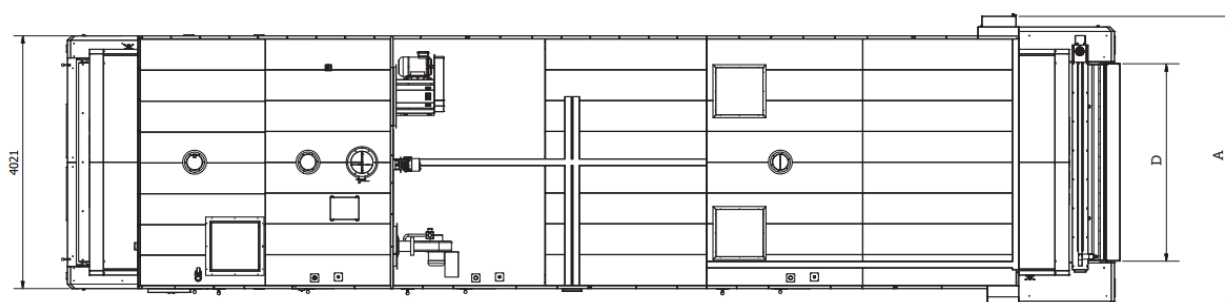
Розглянемо тунельну піч TU 14X2

Це сучасна піч тунельного типу турецького виробництва, її конструкція дозволяє випікати великий асортимент виробів високої якості. Конвеєрна стрічка виготовляється з металевої сітки і має ширину від 2.5 до 3 метрів, а довжина відповідно від 14 до 36 метрів. По бокам печі розташована система циркуляції повітря, яка рівномірно розподіляє повітря і як наслідок знижує витрати палива. Гідравлічна система автоматично регулює силу натягування конвеєра.

За допомогою панелі керування оператор може контролювати температуру, кількість пару, швидкість і ступінь натягу стрічки. Розвантажувати продукцію можна як в автоматизованому так і ручному режимі. Для роботи топки використовують різні типи палива, такі як: мазут, природний газ або дизельне паливо.



Вид збоку



Вид зверху

Технічна характеристика печі TU 14X2

Габарити	3435x16667x3439
Довжина	3435 мм
Ширина	16667 мм
Висота	3439 мм
Розміри камери випікання	2000x14000x224 мм
Площа випічки	28 м ²
Потужність мережі	19 кВт
Ширина стрічки випікання	2 м
Кількість пальників	1
Споживання пара	5 кг/м ² /год
Тиск газу	50-300 мбар
Вага обладнання	21500 кг

Крім TU 14X2, компанія пропонує і інші види печей, таких як TU 36X3, TU 34X3, TU 31X3 вони мають однакову конструкцію і виготовляються з однакових вузлів, різниця лише в габаритних розмірах.

Тунельна піч «Mondialmatic»

Безумовним лідером в сфері виробництва обладнання для випікання хлібо-булочних виробів є – Італія.

Вона виробляє сучасне устаткування, на прикладі тунельної печі «Mondialmatic» можна побачити розвиток цієї галузі в цілому. Вона має широкий під, в поєднанні з невеликою довжиною установки, компанія «Mondial Forni S.p.A.» вирішує проблему з організацією виробництва хліба в невеликих приміщеннях.



Нагрівання печі «Mondialmatic» проходить за допомогою розгалуженої системи кільцевих труб по яким проходять димові гази які передають тепло в пекарню камеру. Піч може бути оснащена одразу двома топками що дасть змогу регулювати температуру як на початку випікання так і в кінці.

Вся установка виготовлена з нержавіючої сталі AISI 304, а ізоляція в свою чергу виконана з мінеральної вати що запобігає значним втратам тепла в атмосферу.

Технічна характеристика печі «Mondialmatic»

Площа випікання	40.5 м ²
Довжина тунеля	5754 мм
Ширина стрічки	2350 мм
Кількість секцій	3
База роликів	5745 мм
Вид поду	сітка
Теплова потужність	320 кВт
Висота пекарної камери	180 мм

2. Технічне обґрунтування проєкту

В наш час хлібопекарна галузь відіграє надважливу роль в харчовій промисловості. Вона не тільки підтримує внутрішню економіку країни, а і дає багато робочих місць що в свою чергу зменшує безробіття в країні. Хлібопекарна галузь включає в себе не тільки випуск хліба і булочних виробів, а і сухарні вироби, печиво різних видів і все це комплексно задовольняє покупців не тільки в нашій країні, а і дозволяє виходити на світовий ринок з різними позиціями, такими як печиво, сухарі і виробами з великим терміном придатності.

Таким чином, модернізація старого обладнання, пошук нових варіантів підвищення продуктивності і зручності роботи з устаткуванням в наш час є основною метою всієї хлібопекарної галузі. Це обумовлено зростанням конкуренції як на світовому ринку, так і в країні, адже вітчизняні хлібопекарні печі тунельного типу все частіше замінюють на іноземні, які є більш сучасними і простішими в обслуговуванні. І як наслідок, з кожним роком наша країна стає все більш залежною від іноземних запчастин і устаткування, в той час коли вітчизняні розробки можна модернізувати і вийти на такий же рівень продуктивності як і в сучасних установках Італійського або Турецького виробництва.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> <i>Кольба Н.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Технічне обґрунтування проєкту</i>	<i>200279.КР.10.02 ПЗ</i>				
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 14/62	

3. Техніко-економічне обґрунтування проєкту

Крім технічної точки зору, де важливу роль відіграє простота конструкції печі і легкість в її зборі і монтажу, також потрібно звернути увагу що до економічної частини розробки, адже продуктивність можна підвищити лише за допомогою комплексного підходу який включає в себе як технічні, так і економічні новації в цій сфері. Виходячи з цього, можна виокремити основні проблеми в техніко-економічному плані:

- Простота устаткування і робота з ним;
- Економічна вигідність, низька витрата палива;
- Висока продуктивність за рахунок новітніх режимів випікання;
- Модульність, що відкриє нові перспективи в розробці устаткування яке може випускати одразу декілька видів продукції.

Розглядаючи перше питання, ми можемо сказати що чим простіше і доступніше для звичайної людини буде устаткування, тим швидше буде проходити підготовка висококваліфікованих кадрів.

Крім підготовки кадрів потрібно звертати увагу на витрату палива і продуктивність, але їх потрібно розглядати комплексно, адже якщо при випіканні хліба буде затрачатись занадто багато палива, то економічної вигідності як і високої продуктивності в установки не буде.

Що до модульності, це питання являється дещо складнішим, адже потрібно створити таку конфігурацію установки, яка буде мати високу продуктивність, низькі затрати як по паливі, так і затрати на виготовлення, і в той же час мати можливість переналаштування на виробництво різних виробів і давати можливість створити достатні потужності як для великих, так і для малих підприємств, тому розкриття і вирішення всіх цих питань дадуть в подальшому установку яка зможе замінити собою всі застарілі печі тунельного типу.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кольба Н.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Техніко-економічне обґрунтування проєкту	200279.КР.10.03 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 15/62	

4. Опис запропонованого технічного рішення та принцип дії печі коаксіального типу

Більша частина хлібо-булочних виробів виготовляється в печах тунельного типу. Вони вирізняються своєю універсальністю, економічністю і можливістю змінювати температуру протягом всієї довжини пекарної камери, що дозволяє отримувати високу продуктивність, а також позитивно впливати на продукцію і на її зовнішній вид. Що до конструкції, піч має вигляд тунелю, який розігрівається за допомогою каналів газоходів по яких проходять розжарені димові гази, вони виходять з топки, проходять по всій довжині пекарної камери і повертають відпрацьовані і охолоджені димові гази через рециркуляційні газоходи в топку, де змішуються з новими гарячими димовими газами які утворюються у ході згоряння палива після чого цикл повторюється, а остаточно відпрацьовані гази викидаються за допомогою димової труби на якій встановлено шибєр яким можна регулювати кількість викидів.

Для ефективного розподілення тепла яке виділяється у ході згоряння палива, потрібна ізоляція, найбільш поширена в цій промисловості – мінеральна вата. Вона має хороші властивості які запобігають значним втратам тепла через обшивку всієї печі. Крім мінеральної вати можуть застосовувати ще жаротривку обмазку яка витримує значні температури, або інші жаротривкі матеріали які зможуть витримувати високу температуру.

Щоб заготовка хліба чи булочки добре пропеклась, з'явилась приваблива скоринка був товарний вигляд, потрібно підібрати правильний режим випікання, адже якщо надати занадто багато тепла тонкій заготовці, вона може просто згоріти, а якщо занадто мало, то буде не пропеченою ззовні і сирію всередині, тому правильний підбір режиму випікання є важливою частиною виробництва в цілому. Розрізняють три етапи режиму випікання:

1. У першому етапі, випікання проходить за температури 110° С і відносної вологості в 80%, під час цього етапу відбувається клейстеризація крохмалю.
2. У другому етапі температура значно підвищується до 240-280 ° С, під час цього етапу відбувається формування скоринки, а також закріплюється форма та об'єм виробу.
3. Третій етап характеризується меншим підведенням тепла, наслідком чого є зменшення упечення хліба, воно залежить від форми і маси.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Разробник документа</i> <i>Кольба Н.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Опис запропонованого</i> <i>технічного рішення та</i> <i>принцип дії печі</i> <i>коаксіального типу</i>	200279.KP.10.04 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 16/62

Нами запропонована конструкція модульної печі коаксіального типу, для виробництва багетів та інших багетоподібних виробів. Конструкція печі дозволяє змінювати продуктивність і асортимент відповідно до вимог виробництва. Це питання вирішується за рахунок створення печі на базі модуля для одного потоку виробів з подальшим поєднанням кількості модулів в залежності від продуктивності та асортименту.

Модуль печі складається з таких основних елементів:

- Пекарна камера циліндричного типу;
- Система обігріву що складається із топки і каналів газоходів для подачі гарячих і холодних газів циліндричного типу коаксіально розташованих відповідно до пекарної камери;
- Відцентровий вентилятор;
- Приводний і натяжний барабан з стрічкою конвеєра;
- Цифровий блок управління;

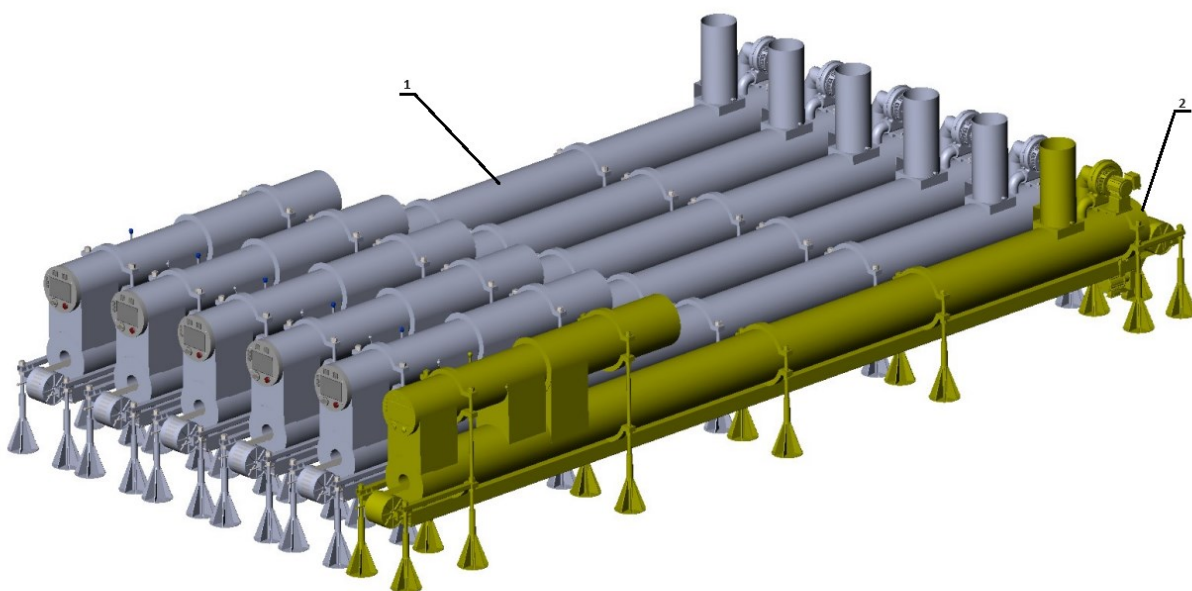


Рис. 1. Печ з шести окремих модулів

1 – Модульна піч, 2 – Модуль

Модульна піч може складатись з необмеженої кількості модулів, цим самим можна підлаштувати продуктивність всього виробництва під окремі потреби і розділяти її на різні типи виробів. Таким чином, в одній печі що складається з декількох модулів можна випікати одразу багети різних розмірів, булочки і інші вироби які мають багетоподібну форму

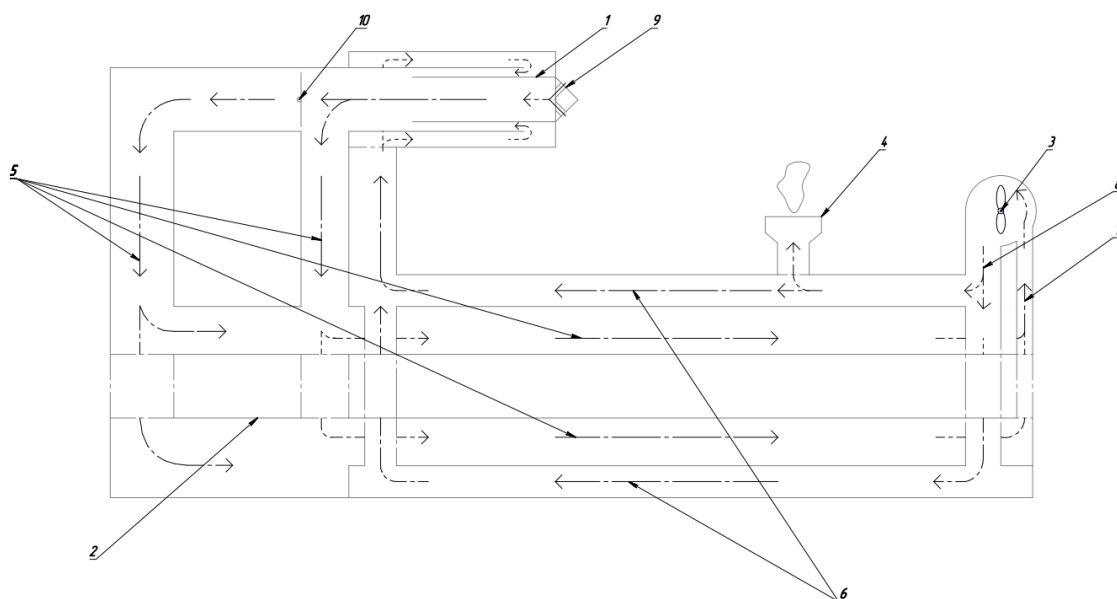


Рис. 2 Схема обігріву печі

1 -топка; 2 – пекарна камера; 3 – вентилятор; 4 – димова труба; 5 – канал газохід для гарячих газів;
6 – канал газохід для холодних газів; 7 – вхідний патрубков вентилятора; 8 – вихідний патрубков
вентилятора; 9 – пальники; 10 – шибер;

Схема обігріву печі складається з таких основних частин:

1 – топка, вона забезпечує згоряння палива і змішування гарячих газів з холодними які надходять через канали газоходи для холодних газів 6;

2 – пекарна камера, вона забезпечує проходження хлібо-булочних виробів і їх випікання;

3 – вентилятор перекачує охолоджені димові гази і направляє через вихідний патрубков 8;

4 – димова труба слугує для викиду відпрацьованих газів;

5 – канали газоходи для гарячих газів забезпечують проходження продуктів згоряння;

6 – канали газоходи для холодних газів слугують для рециркуляції охолоджених газів;

7,8 – вхідний і вихідний патрубки слугують для направлення газів в вентилятор;

9 – пальники забезпечують надходження продуктів згоряння;

10 – шибером регулюють кількість проходження газів.

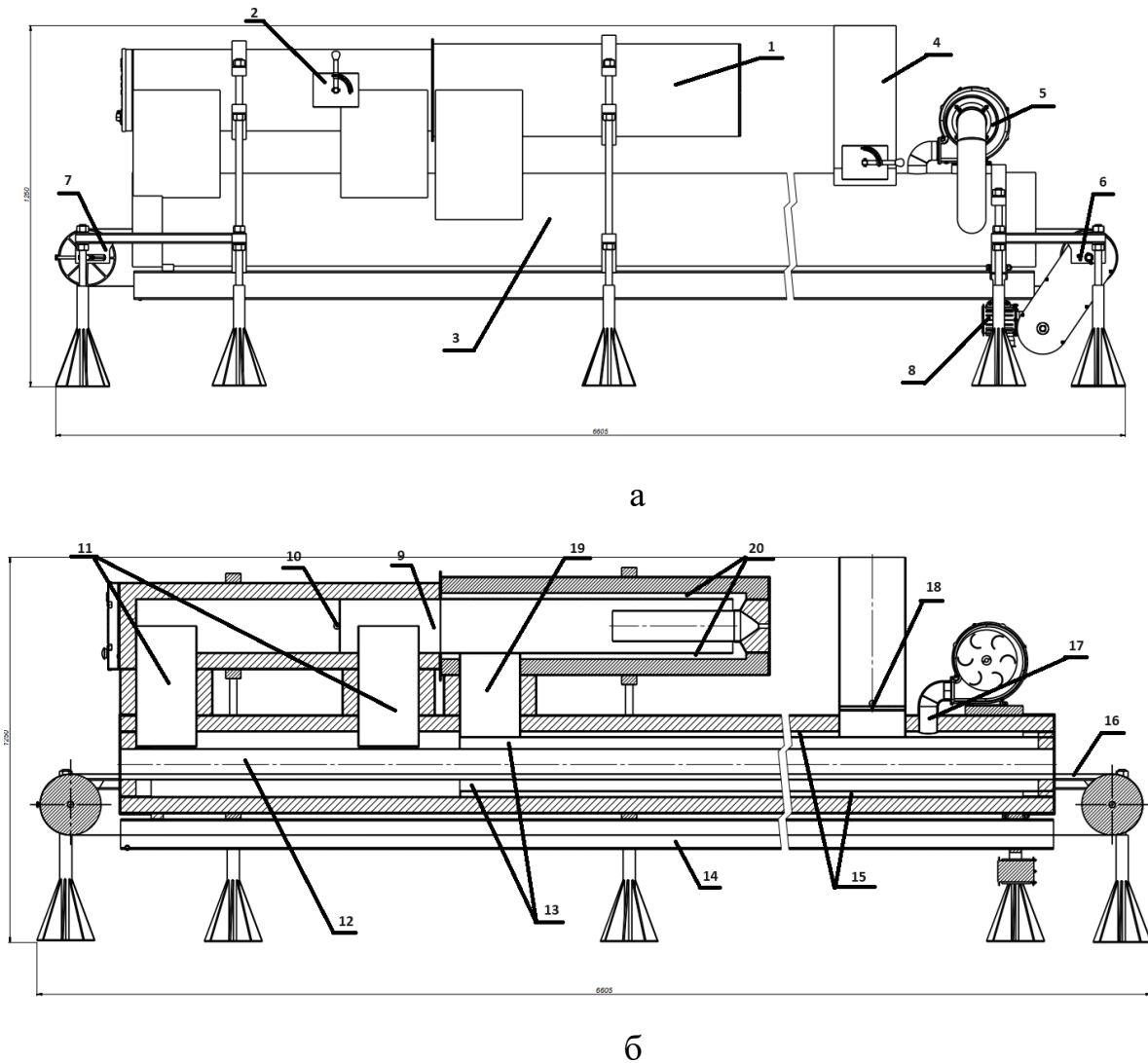


Рис. 3. Конструкція печі коаксiального типу

а – Зовнішній вигляд; б – Поздовжній переріз печі; 1 – топка; 2, 10 – шибер; 3 – корпус; 4 – димова труба; 5 – вентилятор; 6 – приводний барабан; 7 – натяжний барабан; 8 – двигун; 9 – камера змішування; 11 – перехідні канали; 12 – пекарна камера; 13 – канал гарячих газів; 14 – короб; 15 – рециркуляційний канал; 16 – стрічка; 17 – патрубок; 18 – шибер; 19 – перехідний канал холодних газів; 20 – рециркуляційний канал топки.

В топці 1, згорає паливо, гарячі димові гази проходять через камеру змішування 9, де змішуються з охолодженими димовими газами які надходять через рециркуляційні канали 20. Змішані гарячі і холодні димові гази розподіляються через перехідні канали 11, кількість надходження газів регулюється за допомогою шибера 10, 2, після проходження перехідного каналу 11, гарячі гази обігрівають пекарну камеру 12, і проходять далі по газоходах 13 до вентилятора 5, який в свою чергу всмоктує їх і через патрубок 17 і перенаправляє в рециркуляційні канал 15, регулювання викиду

відпрацьованих димових газів з рециркуляційного каналу 15, відбувається за допомогою шибери 18. Після відкидання відпрацьованих димових газів, все що залишається охолодженим потрапляє в перехідний канал холодних газів 19 де через рециркуляційні канали топки 20 надходять до камери змішування.

Проходження хлібо-булочних заготовок через пекарню камеру 12, забезпечує стрічка 16, яка натягується за допомогою натяжного барабана 7 і приводиться в рух за допомогою двигуна 8 і приводного барабана 6, повернення сітки відбувається через короб 14.

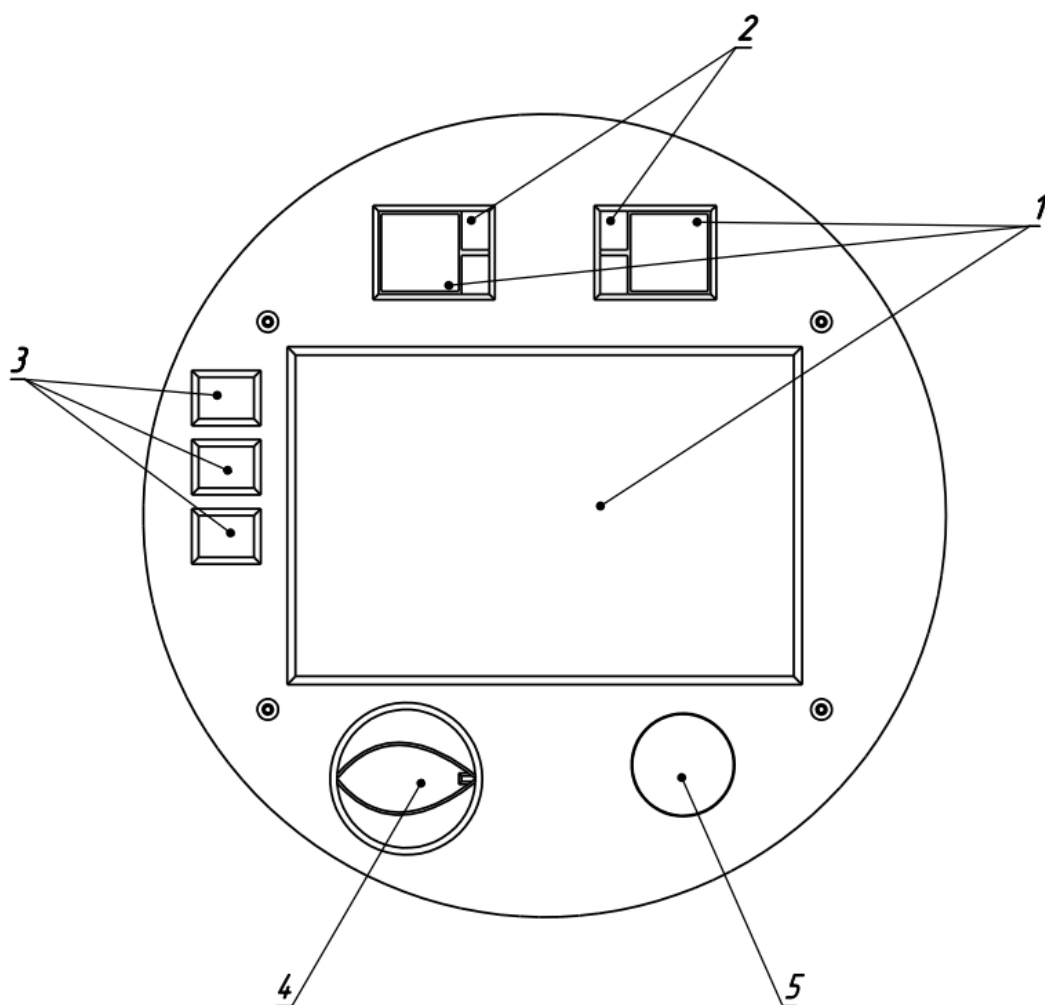


Рис. 4. Цифрова панель управління

1 – дисплеї; 2 – кнопки управління верхніми дисплеями; 3 – кнопки управління основним дисплеєм; 4 – тумблер-перемикач; 5 – двопозиційна кнопка ввімкнення / вимкнення.

Ввімкнення або вимкнення установки здійснюється за допомогою двопозиційної кнопки 5. В першій позиції, а саме якщо натиснути кнопку, установка зупиняє свою роботу, в другій позиції якщо потягнути на себе, то обладнання ввімкнеться. Для перегляду температури, стану обладнання і всіх інших даних є три дисплея 1, на двох верхніх виводиться температура на початку і в кінці пекарної камери, задавати температуру можна за допомогою кнопок 2, а управління основним дисплеєм відбувається за допомогою трьох кнопок 3, якими можна редагувати дані в контексті виду який можна змінювати за допомогою тумблера-перемикача 4, він має чотири позиції і кожна позиція змінює вид установки, а також набір даних які можна редагувати лише на центральному дисплею.

Крім цифрового обладнання керування, я ще ручне, а саме шибер на топці і димовій трубі, вони зображені на рис. 3.

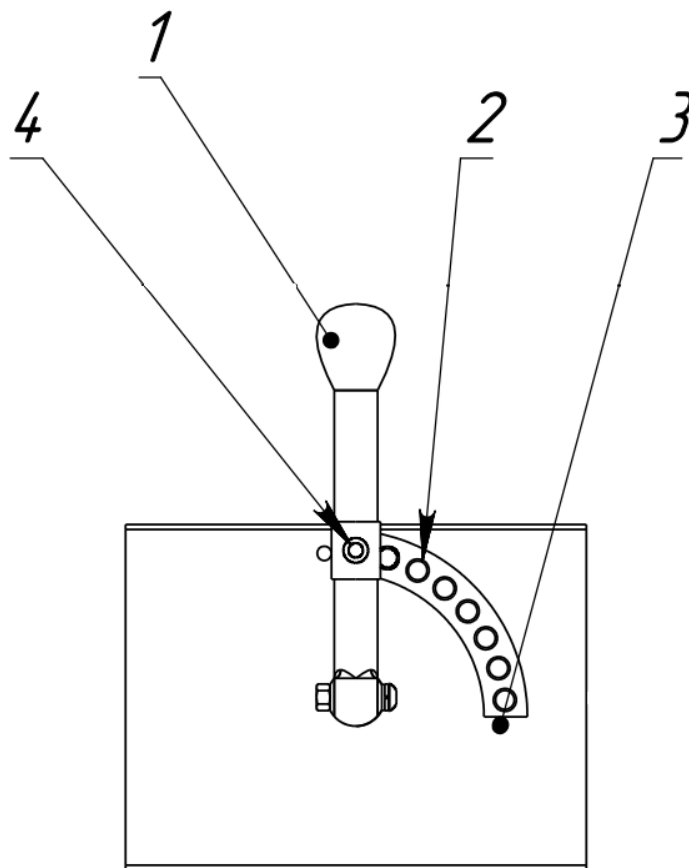


Рис. 5. Шибер

1 – ручка; 2 – пластина; 3 – палець; 4 – затискаючий механізм

Управління здійснюється за допомогою ручки 1, щоб змінити положення шибера, потрібно відтягнути на себе затискаючий механізм 4, який вивільнить шарик з іншої сторони ручки 1, після чого управління буде розблоковане, змінювати положення шибера можна по пластині 2, з 8 полуотворами в які буде заходити фіксуючий шарик, положення шибера обмежуються кутом від 0 до 90 градусів по осі пекарної камери, а також за допомогою двох пальців 3, які не дають ручці шибера виходити за межі дозволеного кута.

Зміна положення шибера в камері змішування дозволяє регулювати кількість подачі гарячих газів в канали газоходи, а зміна положення такого ж шибера який розташований в димовій трубі відповідно регулює кількість відпрацьованих газів які будуть викинуті.

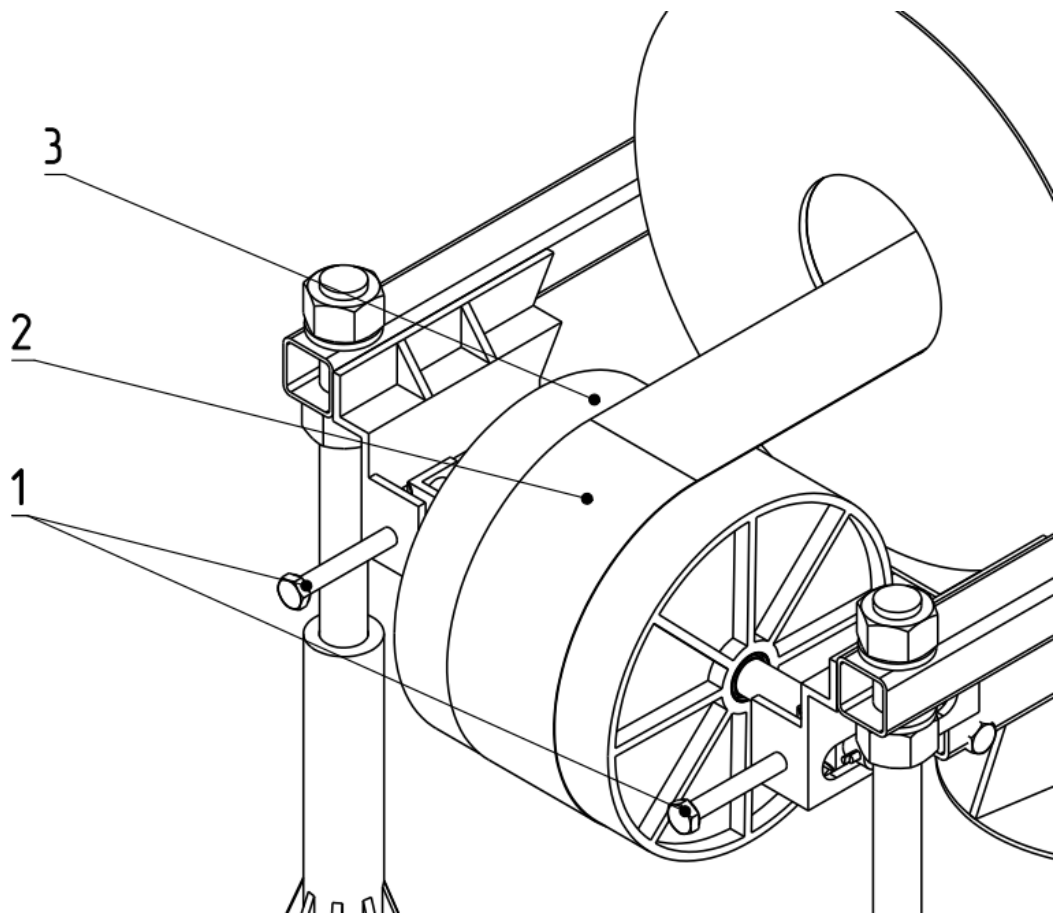


Рис. 6 Механізм натягування барабана

1 – болти натягування; 2 – стрічка; 3 – барабан.

Стрічка 3 натягується за допомогою барабана 2 і болтів натягування 1, така конструкція дозволяє регулювати натяг стрічки і запобігти її просіданню.

5. Розрахункова частина

5.1 Розрахунок продуктивності печі коаксіального типу

Для розрахунків продуктивності печі було обрано наступні вхідні дані що до хлібо-булочних заготовок:

Маса – 250г – 0.25 кг;

Довжина – 350 мм – 0.35 м;

Час випікання – 17 хв;

Діаметр – 60 мм;

Кількість заготовок в ряду по ширині – 1

Кількість заготовок в ряду по довжині – 16

1. Годинна продуктивність печі (кг/год):

$$P_{\text{год}} = \frac{a \cdot b \cdot m \cdot 60}{t}$$

$$P_{\text{год}} = \frac{1 \cdot 16 \cdot 0.25 \cdot 60}{17} = 15 \text{ (кг/год)}$$

$$P_{\text{доб}} = P_{\text{год}} \cdot 24$$

$$P_{\text{доб}} = 15 \cdot 24 = 360 \text{ (кг/доб)}$$

2. Секундна продуктивність (кг/с)

$$P_{\text{с}} = \frac{P_{\text{год}}}{3600}$$

$$P_{\text{с}} = \frac{15}{3600} = 0,005 \text{ (кг/с)}$$

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Теличкун В.І.</i>	Вид документа <i>Пояснювальна записка</i>	Статус документа			
Власник документу <i>НУХТ</i>	Розробник документа <i>Кольба Н.В.</i>	Назва, додаткова назва <i>Розрахунок продуктивності печі коаксіального типу</i>	<i>200279.КР.10.05 ПЗ</i>			
	Документ затверджено <i>Гавва О.М.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <i>UA</i>	Аркуш <i>23/62</i>

5.2 Тепловий баланс печі і витрата палива

1. Кількість тепла яке використовується в пекарній камері:

$$q_{п.к} = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6 \text{ кДж/кг}$$

2. Корисно використане тепло на випікання виробу:

$$q_1 = w_B(i_{п.п} - i') + g_K \cdot c_K(t_K - t_T) + (g_M \cdot c_M + w_M \cdot c_B) \cdot (t_M - t_T)$$

$$q_1 = 0,1(2970 - 126) \pm 0,037 \cdot 1,67(150 - 30) + (0,315 \cdot 1,67 + 0,315 \cdot 4,19) \cdot (98 - 30) = 416,25 \text{ (кДж/кг)}$$

Де $i_{п.п.}$ – ентальпія перегрітого пару

$$i_{п.п.} = 2970 \text{ (кДж/кг)}$$

i' – ентальпія води при температурі тіста

$$i' = 126 \text{ (кДж/кг)}$$

g_K і c_K – маса і теплоємність скоринки

$$g_K = 0,037 \text{ (кг)}$$

$$c_K = 1,67 \text{ (кДж/кг} \cdot \text{град)}$$

t_K і t_T – температура скоринки і початкова температура тіста

$$t_K = 150^\circ \text{ C}$$

$$t_T = 30^\circ \text{ C}$$

g_M і c_M – маса і теплоємність сухої частини м'якушки

$$g_M = 0,315 \text{ (кг)}$$

$$c_M = 1,67 \text{ (кДж/кг)}$$

w_M і c_B – вологість м'якушки і теплоємність води

$$w_M = 0,315 \text{ (кг/кг)}$$

$$c_B = 4,19 \text{ (кДж/кг} \cdot \text{град)}$$

t_M і t_T – температура м'якушки і тіста

$$t_M = 98^\circ \text{ C}$$

$$t_T = 30^\circ$$

3. Витрати тепла на перегрівання пари:

$$q_2 = g_{\text{п}}(i_{\text{п.п}} - i_{\text{н.п}})$$

$$q_2 = g_{\text{п}}(i_{\text{п.п}} - i_{\text{н.п}}) = 0,15(2970 - 2360) = 92 \text{ (кДж/кг)}$$

Де $i_{\text{н.п}}$ – ентальпія насиченої пари

$$i_{\text{н.п}} = 2370 \text{ (кДж/кг)}$$

4. Втрати тепла з вентиляційним повітрям:

$$q_3 = c_p \frac{w_{\text{в}} + g_{\text{п}}}{d_{\text{п.к}} - d_{\text{в}}} (t_{\text{п.к}} - t_{\text{в}})$$

$$q_3 = c_p \frac{w_{\text{в}} + g_{\text{п}}}{d_{\text{п.к}} - d_{\text{в}}} (t_{\text{п.к}} - t_{\text{в}}) = 1 \cdot \frac{0,1 + 0,15}{0,27 - 0,012} (250 - 25) = 218 \text{ (кДж)}$$

c_p – масова теплоємність повітря при постійному тиску

$$c_p = 1 \text{ (кДж/кг)}$$

$d_{\text{п.к}}$ і $d_{\text{в}}$ – кількість вологи в пекарній камері і повітря ззовні

$$d_{\text{п.к}} = 0,27$$

$$d_{\text{в}} = 0,012 \text{ (кг/кг)}$$

$t_{\text{п.к}}$ і $t_{\text{в}}$ – температура пекарної камери і повітря ззовні

$$t_{\text{п.к}} = 250^\circ \text{ C}$$

$$t_{\text{в}} = 25^\circ \text{ C}$$

5. Втрати тепла на нагрівання стрічки:

$$q_4 = g_c \cdot c_c \cdot (t_c'' - t_c')$$

$$q_4 = g_c \cdot c_c \cdot (t_c'' - t_c') = 1,11 \cdot 0,46(140 - 30) = 56 \text{ (кДж/кг)}$$

g_c – маса стрічки на 1 кг хліба

$$g_c = 1,11 \text{ (кг)}$$

c_c – теплоємність стрічки

$$c_c = 0,46 \text{ (кДж/кг} \cdot \text{град)}$$

6. Тепловіддача від корпусу печі:

$$a_{\text{конв.}} = k \cdot (t_1 - t_2)^2$$

$$a_{\text{конв.}} = k \cdot (t_1 - t_2)^2 = 2,56(40 - 25)^{0,25} = 5 \text{ (кдж)}$$

7. Тепловіддача вертикальними поверхнями:

$$Q_{5\text{в}} = f_{\text{в}} \{ a_{\text{пр}} C_0 [(0,01 \cdot T_{\text{п}})^4 - (0,01 \cdot T_0)^4] + a_k^{\text{верт}} \cdot (t_{\text{п}} - t_0) \}$$

$$Q_{5\text{в}} = f_{\text{в}} \{ a_{\text{пр}} C_0 [(0,01 \cdot T_{\text{п}})^4 - (0,01 \cdot T_0)^4] + a_k^{\text{верт}} \cdot (t_{\text{п}} - t_0) \} = 2445 \text{ (вт)}$$

Де C_0 – ступінь чорноти абсолютно чорного тіла

$$C_0 = 5,7$$

8. Тепловіддача горизонтальними поверхнями:

$$Q_{5\text{г}} = f_{\text{г}} \{ a_{\text{пр}} C_0 [(0,01 \cdot T_{\text{п}})^4 - (0,01 \cdot T_0)^4] + a_k^{\text{верт}} \cdot (t_{\text{п}} - t_0) \}$$

$$Q_{5\text{г}} = f_{\text{г}} \{ a_{\text{пр}} C_0 [(0,01 \cdot T_{\text{п}})^4 - (0,01 \cdot T_0)^4] + a_k^{\text{верт}} \cdot (t_{\text{п}} - t_0) \} = 316,35 \text{ (вт)}$$

9. Всього віддається тепла в навколишнє середовище:

$$Q_5 = Q_{5\text{в}} + Q_{5\text{г}}$$

$$Q_5 = Q_{5\text{в}} + Q_{5\text{г}} = 2445 + 316,35 = 2,7 \text{ (квт)}$$

10. Втрати тепла через огороження пекарної камери:

$$q_5 = \frac{Q_5}{G}$$

$$q_5 = \frac{Q_5}{G} = \frac{2,7}{0,18} = 15 \text{ (кдж/кг)}$$

11. Сума витрат тепла в пекарній камері:

$$q_{\text{п.к}} = 416,25 + 92 + 218 + 56 + 15 + 29,3 = 826,3 \text{ (кдж)}$$

12. Секундні витрати тепла в квт:

$$Q_n = q_n \cdot G$$

$$Q_1 = 30,784$$

$$Q_2 = 6,808$$

$$Q_3 = 16,132$$

$$Q_4 = 3,996$$

$$Q_5 = 1,11$$

$$Q_6 = 2,16$$

$$Q_{п.к} = 61 \text{ (кВт)}$$

13. Витрати тепла до одиниці палива:

$$q_{yx} = \frac{I_{yx}}{Q_H^p} \cdot 100$$

$$q_{yx} = \frac{I_{yx}}{Q_H^p} \cdot 100 = 33,7\%$$

14. Секундні витрати палива:

$$B = \frac{Q_{п.к}}{Q_H^p \cdot (1 - q_{yx})}$$

$$B = \frac{Q_{п.к}}{Q_H^p \cdot (1 - q_{yx})} = 0,0025 = 9 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

15. Витрата палива при нормальних умовах:

$$b = \frac{B}{G}$$

$$b = \frac{B}{G} = \frac{9}{0,074} = 12,1 \text{ (м}^3\text{)}$$

16. Витрати умовного палива:

$$b_y = b \frac{Q_H^p}{29300}$$

$$b_y = b \frac{Q_H^p}{29300} = 12,1 \frac{35600}{29300} = 14,7 \text{ (кВт)}$$

5.3 Розрахунки камери згоряння

1. Топочна частина:

Теоретична температура горіння знаходиться за формулою:

$$t_{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{H}}^{\text{p}} + a \cdot V_0 \cdot c_{\text{B}} \cdot t_{\text{B}}}{V_{\text{д}} \cdot c_{\text{д}}}$$

$$t_{\text{гор}} = \frac{Q_{\text{H}}^{\text{p}} + a \cdot V_0 \cdot c_{\text{B}} \cdot t_{\text{B}}}{V_{\text{д}} \cdot c_{\text{д}}} = \frac{35600 + 1,2 \cdot 9,48 \cdot 1,25 \cdot 20}{12,57 \cdot 1,62} = 1765^{\circ} \text{C}$$

Температура продуктів горіння при виході з топки:

$$T_{\text{y}} = (0,87 - 0,074\Pi_1) \cdot T_{\text{гор}}$$

$$T_{\text{y}} = (0,87 - 0,074\Pi_1) \cdot T_{\text{гор}} = (0,87 - 0,074 \cdot 5) \cdot 2038 = 745^{\circ} \text{C}$$

Середня ефективна температура продуктів згоряння:

$$T_{\text{д.т}} = \sqrt{\beta \cdot T_{\text{гор}} \cdot T_{\text{y}}}$$

$$T_{\text{д.т}} = \sqrt{\beta \cdot T_{\text{гор}} \cdot T_{\text{y}}} = \sqrt{0,85 \cdot 2038 \cdot 1019} = 1328 \text{ K} = 1054^{\circ} \text{C}$$

Теплове навантаження поперечного перерізу топки знаходимо за формулою:

$$q_f = 3,6 - 0,47\Pi_1'''$$

$$q_f = 3,6 - 0,47\Pi_1''' = 3,6 - 0,47 \cdot 5 = 1,25 \text{ (кВт/м}^3\text{)}$$

Теплове навантаження топочного об'єму:

$$q_v = 4,5 - 0,587\Pi_1'''$$

$$q_v = 4,5 - 0,587\Pi_1''' = 1,56 \text{ (кВт)}$$

Поперечний переріз камери згоряння:

$$f_{\text{T}} = \frac{BQ_{\text{H}}^{\text{p}}}{qf}$$

$$f_{\text{T}} = \frac{BQ_{\text{H}}^{\text{p}}}{qf} = \frac{0,0025 \cdot 35600}{1250} = 0,0712 \text{ (м}^2\text{)}$$

Діаметр топки:

$$d_1 = \sqrt{\frac{f_T}{0,785}}$$

$$d_1 = \sqrt{\frac{f_T}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,0712}{0,785}} = 0,3 \text{ (м)}$$

Об'єм топки:

$$V_T = \frac{BQ_H^p}{q_v}$$

$$V_T = \frac{BQ_H^p}{q_v} = \frac{0,0025 \cdot 35600}{1560} = 0,057 \text{ (м}^3\text{)}$$

Довжина топки:

$$l_T = \frac{V_T}{f_T}$$

$$l_T = \frac{V_T}{f_T} = \frac{0,057}{0,0712} = 0,8 \text{ (м)}$$

Внутрішня поверхня ізоляції топки:

$$H_1 = \pi d_1 l_T$$

$$H_1 = \pi d_1 l_T = 3,14 \cdot 0,3 \cdot 0,8 = 0,75 \text{ (м}^3\text{)}$$

Коефіцієнт рециркуляції:

$$m = \frac{0,995 \cdot i_{\text{гор}} - i_{a_{\text{см}}}}{I_{a_{\text{см}}} - I_{a_{\text{р}}}}$$

$$m = \frac{0,995 \cdot i_{\text{гор}} - i_{a_{\text{см}}}}{I_{a_{\text{см}}} - I_{a_{\text{р}}}} = \frac{0,995 \cdot 35885 \cdot 18300}{18300 - 11500} = 2,58$$

Коефіцієнт рециркуляції в залежності від коефіцієнту витрат повітря:

$$m_a = \frac{a_{\text{см}} - a_T}{a_{\text{р}} - a_{\text{см}}}$$

$$m_a = \frac{a_{\text{см}} - a_T}{a_{\text{р}} - a_{\text{см}}} = \frac{2,15 - 1,2}{2,5 - 2,15} = 2,72$$

Знаходимо секундну кількість продуктів горіння:

А) При виході з топки:

$$V_{a_T} = BV_{a_T}'$$

$$V_{a_T} = BV_{a_T}' = 0,0025 \cdot 12,57 = 0,03 \text{ (м}^3\text{/сек)} = 107 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Б) При виході з камери змішування:

$$V_{a_{CM}} = (1 + m) \cdot BV_{a_{CM}}'$$

$$V_{a_{CM}} = (1 + m) \cdot BV_{a_{CM}}' = (1 + 2,58) \cdot 0,0025 \cdot 21,72 = 0,19 = 682 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

В) При вході в канали:

$$V_{a_{ВХ}} = (1 + m) \cdot BV_{a_{ВХ}}'$$

$$V_{a_{ВХ}} = (1 + m) \cdot BV_{a_{ВХ}}' = (1 + 2,58) \cdot 0,0025 \cdot 22,19 = 0,198 = 710 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Г) При виході з каналів печі:

$$V_{a_{ВИХ}} = (1 + m) \cdot BV_{a_{ВИХ}}'$$

$$V_{a_{ВИХ}} = (1 + m) \cdot BV_{a_{ВИХ}}' = (1 + 2,58) \cdot 0,0025 \cdot 24,6 = 0,22 = 789 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Середній секундний об'єм газів в каналах:

$$V = \frac{V_{a_{ВХ}} + V_{a_{ВИХ}}}{2}$$

$$V = \frac{V_{a_{ВХ}} + V_{a_{ВИХ}}}{2} = \frac{0,198 + 0,22}{2} = 0,209 = 750 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Об'єм рециркуляційних газів в секунду:

$$V_{a_p} = mBV_{a_p}'$$

$$V_{a_p} = mBV_{a_p}' = 2,58 \cdot 0,0025 \cdot 25,08 = 0,16 = 576 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Об'єм газів які виходять з печі:

$$V_{a_{УХ}} = (1 + m)BV_{a_{УХ}}'$$

$$V_{a_{УХ}} = (1 + m)BV_{a_{УХ}}' = 3,58 \cdot 0,0025 \cdot 25,08 = 0,22 = 808 \text{ (м}^3\text{/год)}$$

Секундний об'єм газів які випускаються в атмосферу:

$$V_{\text{вип}} = V_{a_{ВИХ}}' - V_{a_p}$$

$$V_{\text{вип}} = V'_{\text{авих}} - V_{a_p} = 0,22 - 0,16 = 0,06 = 215(\text{м}^3/\text{год})$$

3. Камера змішування:

Діаметр внутрішньої ізоляції:

$$d_2 = \sqrt{\frac{f_{\text{см}}}{0,785}}$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{f_{\text{см}}}{0,785}} = \sqrt{\frac{0,076}{0,785}} = 0,3 \text{ (м)}$$

Переріз камери змішування:

$$f_{\text{см}} = \frac{V_{\text{см}}}{w_0}$$

$$f_{\text{см}} = \frac{V_{\text{см}}}{w_0} = \frac{0,19}{2,5} = 0,076 \text{ (м}^2\text{)}$$

Об'єм камери змішування:

$$V_2 = \frac{\tau V_{a_{\text{см}}} \cdot T_{\text{см}}}{273}$$

$$V_2 = \frac{\tau V_{a_{\text{см}}} \cdot T_{\text{см}}}{273} = \frac{0,175 \cdot 0,19 \cdot 973}{273} = 0,11 \text{ (м}^3\text{)}$$

Довжина камери змішування:

$$l_{\text{см}} = \frac{V_2}{f_{\text{см}}}$$

$$l_{\text{см}} = \frac{V_2}{f_{\text{см}}} = 1,5 \text{ (м)}$$

5.4 Розрахунок теплообміну в I зоні печі

Ентальпію продуктів горіння при виході з каналів газоходів визначають за формулою:

$$I_{\text{вих}} = I_{\text{вх}} - \frac{3600 \cdot Q_1}{B_1}$$

$$I_{\text{вих}} = I_{\text{вх}} - \frac{3600 \cdot Q_1}{B_1} = 13500 - \frac{3600 \cdot 14}{10,8} = 8830 \text{ (кДж/м}^3\text{)}$$

Середня температура газів в цих каналах:

$$t_{\text{д}} = \frac{t'_{\text{д}} + t''_{\text{д}}}{2}$$

$$t_{\text{д}} = \frac{t'_{\text{д}} + t''_{\text{д}}}{2} = \frac{600 + 350}{2} = 475^\circ \text{C}$$

Швидкість газів в каналі:

$$w = w_0 \frac{T_{\text{д}}}{273}$$

$$w = w_0 \frac{T_{\text{д}}}{273} = 0,69 \frac{743}{273} = 1,8 \text{ (м/с)}$$

Коефіцієнти тепловіддачі конвекцією в каналі:

А) Наближена формула:

$$a_{\text{д.к}} = 3,5 \frac{w_0^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{\text{екв}}^{\text{кан}}}}$$

$$a_{\text{д.к}} = 3,5 \frac{w_0^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{\text{екв}}^{\text{кан}}}} = 3,5 \frac{0,69}{0,09} = 4,7 \text{ (Вт)}$$

Б) Більш точна формула:

$$a_{\text{д.к}} = 0,00425 \cdot \frac{\lambda}{\nu} \cdot wPr$$

$$a_{\text{д.к}} = 0,00425 \cdot \frac{\lambda}{\nu} \cdot wPr = 0,00425 \cdot \frac{530}{104} \cdot 1,875 = 5 \text{ (Вт)}$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі в камері:

$$a_{к.к} = Nu \frac{\lambda}{d_{екв}}$$

$$a_{к.к} = Nu \frac{\lambda}{d_{екв}} = 30,6 \cdot \frac{420}{10 \cdot 0,36} = 3,5 \text{ (Вт)}$$

Рівень чорноти газової суміші:

$$a_{ч} = 0,154 \cdot \frac{\sqrt[3]{4,27 \cdot 0,09}}{7,43} + 0,18 \cdot \frac{10 \cdot 0,09}{7,43} = 0,075$$

Розрахунковий рівень чорноти газової суміші:

$$a_{\phi} = \frac{0,077 \cdot 7,34 - 0,097 \cdot 234}{7,34 - 5,23} = 0,07$$

Величина теплового потоку:

$$q_1 = C_{в.д} \cdot [(0,01 \cdot T_{д}) - (0,01 \cdot T_{п})] + a_{д.к} \cdot (t_{д} - t_{п})$$

$$q_1 = C_{в.д} \cdot [(0,01 \cdot T_{д}) - (0,01 \cdot T_{п})] + a_{д.к} \cdot (t_{д} - t_{п}) \\ = 0,68 \cdot (3,43 - 1,28) + 5,38 \cdot (470 - 255) = 3 \text{ (кВт)}$$

Кількість тепла переданого в камеру через гарячі газоходи:

$$Q_1 = q_1 \cdot H_1$$

$$Q_1 = q_1 \cdot H_1 = 3 \cdot 2,8 = 8,5 \text{ (кВт)}$$

Виходячи з розрахунків теплового балансу, для першої зони пекарної камери потрібно надати 8,26 кВт тепла, згідно розрахунку кількості тепла переданого в камеру ми отримуємо значення в 8.5 кВт, що на 1% більше ніж потрібно.

Розрахуємо кількість тепла яка передається від гарячого каналу в холодний:

Середня температура газів в цих каналах:

$$t_{д} = \frac{t'_{д} + t''_{д}}{2}$$

$$t_{д} = \frac{t'_{д} + t''_{д}}{2} = \frac{450 + 350}{2} = 400^{\circ} \text{ C}$$

Швидкість газів в каналі:

$$w = w_0 \frac{T_{д}}{273}$$

$$w = w_0 \frac{T_d}{273} = 0,69 \frac{673}{273} = 1,7 \text{ (м/с)}$$

Коефіцієнти тепловіддачі конвекцією в каналі:

А) Наближена формула:

$$a_{д.к} = 3,5 \frac{w_0^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{\text{екв}}^{\text{кан}}}}$$

$$a_{д.к} = 3,5 \frac{w_0^{0,8}}{\sqrt[4]{d_{\text{екв}}^{\text{кан}}}} = 3,5 \frac{0,33}{0,09} = 3,38 \text{ (Вт)}$$

Б) Більш точна формула:

$$a_{д.к} = 0,00425 \cdot \frac{\lambda}{\nu} \cdot wPr$$

$$a_{д.к} = 0,00425 \cdot \frac{\lambda}{\nu} \cdot wPr = 0,00425 \cdot \frac{400}{110} \cdot 1,875 = 3 \text{ (Вт)}$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі в камері:

$$a_{к.к} = Nu \frac{\lambda}{d_{\text{екв}}}$$

$$a_{к.к} = Nu \frac{\lambda}{d_{\text{екв}}} = 30,6 \cdot \frac{420}{10 \cdot 0,36} = 3,5 \text{ (Вт)}$$

Рівень чорноти газової суміші:

$$a_{\text{ч}} = 0,154 \cdot \frac{\sqrt[3]{4,27 \cdot 0,09}}{7,43} + 0,18 \cdot \frac{10 \cdot 0,09}{7,43} = 0,075$$

Розрахунковий рівень чорноти газової суміші:

$$a_{\text{ф}} = \frac{0,077 \cdot 7,34 - 0,097 \cdot 234}{7,34 - 5,23} = 0,07$$

Величина теплового потоку:

$$q_1 = C_{в.д} \cdot [(0,01 \cdot T_d) - (0,01 \cdot T_{\text{п}})] + a_{д.к} \cdot (t_d - t_{\text{п}})$$

$$q_1 = C_{в.д} \cdot [(0,01 \cdot T_d) - (0,01 \cdot T_{\text{п}})] + a_{д.к} \cdot (t_d - t_{\text{п}}) \\ = 0,68 \cdot (3,43 - 1,28) + 5,38 \cdot (470 - 255) = 2,7 \text{ (кВт)}$$

Кількість тепла переданого в камеру через гарячі газоходи:

$$Q_1 = q_1 \cdot H_1$$

$$Q_1 = q_1 \cdot H_1 = 2,7 \cdot 2,8 = 7,55 \text{ (кВт)}$$

Різниця тепла яка повертається через рециркуляційні газоходи з теплом яке надається камері:

$$\frac{Q_1'}{Q_1} \cdot 100$$

$$\frac{Q_1'}{Q_1} \cdot 100 = \frac{0,95}{7,55} \cdot 100 = 12$$

Різниця в кількості тепла яке проходить через канали-газоходи для гарячих і холодних газів становить 0,95 кВт, що в перерахунку у відсотки становить 12 %. Такі показники доводять що піч є енергоефективною і втрати тепла впродовж всієї пекарної камери становлять 12% .

5.5 Кінематичний розрахунок

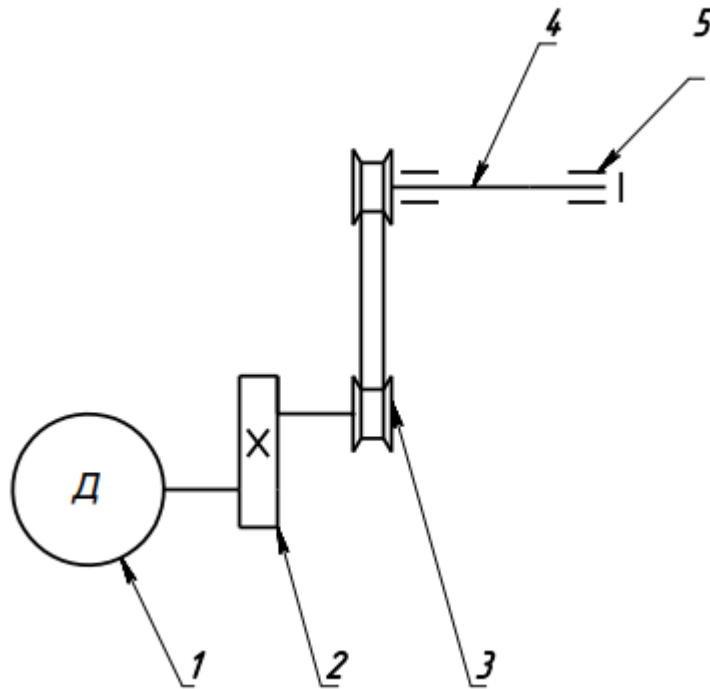


Рис. 4 Кінематична схема приводу печі

1 – двигун; 2 – редуктор; 3 – пасова передача; 4 – вал; 5 – підшипникова опора

Розраховуємо крутний момент на вихідному валу :

$$T_d = \frac{1400}{4} = 350$$

Тоді: $T_d = 350$

При ковзанні $S = 0,05$, асинхронна частота обертання вала двигуна:

$$n_{дв} = (1 - S)n = (1 - 0,05) \cdot 1500 = 750 \text{ об/хв}$$

Визначимо кутову швидкість двигуна за такою формулою:

$$\omega_{дв} = \frac{n_{дв} \cdot \pi}{30}$$

$$\omega_{дв} = \frac{750}{26} = 28,8 \text{ рад/с}$$

Розрахуємо передаточне відношення приводу за формулою:

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{р}}}$$

$$u_{\text{пр}} = 1$$

Визначимо кутові швидкості на валах приводу:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}}$$

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 28,8 \text{ рад/с}$$

Визначимо потужності на валу:

$$N_1 = N_{\text{дв}} = 0,75 \text{ кВт}$$

Визначимо крутний момент на валу приводу:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1}$$

$$T_1 = \frac{0,75}{28,8} = 2,6 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент сил інерції на валу двигуна:

$$T_{\text{ін}} = T_{\text{ср.п}} - T_{\text{с}} = 210,4 - 108,5 = 101,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номінальний крутний момент двигуна:

$$T_{\text{ном}} = 9550 \cdot \frac{18,5}{975} = 182 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Обираємо двигун згідно даних отриманих з розрахунків, це АИР Україна АИР 80 В8 У2 ІМ 1081, потужністю 0,5 кВт, 750 об/хв.

5.6 Розрахунок підшипників на міцність

За визначеними даними вибираємо підшипники діаметром 27 мм, типу роликові радіальні підшипники.

Динамічна вантажопідйомність, $C = 11250 \text{ Н}$

Статична вантажопідйомність, $C_0 = 33900 \text{ Н}$

Кут контакту дорівнює 12 градусів.

Із одержаних значень опорних реакцій визначаємо радіальні напруження на підшипники.

Оскільки кут контакту менше або дорівнює 12 градусам, то значення параметра:

$$\frac{F_{r1}}{C_0} = \frac{2782}{33900} = 0,082$$

$$e_1 = e_2 = 0,41$$

Осьові складові сил, що виникають у підшипниках при дії радіальних навантажень:

$$F_{s1} = e_1 \cdot F_{r1} = 0,41 \cdot 1140 \text{ Н}$$

Навантаження на підшипниках відповідно дорівнюють:

$$F_{r1} = F_{r2} = 2782 \text{ Н} \Rightarrow F_{a1} = F_{a2} = 1140 \text{ Н}$$

Приймаємо коефіцієнт осьового і радіального навантажень:

$$X_{1,2} = 1 \quad Y_{1,2} = 0$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження:

$$P_{1,2} = (XV F_{r1,2} + Y F_{a1,2}) k_\delta k_T = (1 \cdot 1 \cdot 2782 + 0) \cdot 1,4 \cdot 1 = 3895 \text{ Н}$$

Визначаємо довговічність підшипників:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L_{1,2}}{60n} = \frac{10^6 \cdot 208}{60 \cdot 1715} = 20213_{\text{год}} > 15000_{\text{год}}$$

Довговічність підшипників забезпечена.

6. Вибір конструкційних матеріалів

Обираючи матеріали з яких буде виготовлятися піч, потрібно звернути увагу на велику кількість різних чинників які можуть негативно вплинути не тільки на продукцію, а і на саму піч, такими чинниками є:

- Чинник високої температури, який може пошкоджувати конструкційні елементи в наслідок чого вони будуть втрачати свої властивості міцності, теплоізоляції, тощо;
- Чинник довговічності і стійкості корозії;
- Чинник економічності та практичності;
- Допуск до контакту з харчовими продуктами;

Крім того, потрібно врахувати вимоги що до стрічки:

- Використання сталі яка може безпечно контактувати з харчовими продуктами;
- Стійкість до розтягування;
- Стійкість до високих температур;
- Стійкість до перепадів температур;
- Гнучкість і простота в очищенні;

На підставі цих вимог, обираємо матеріали з яких будуть виготовлені всі елементи печі:

Для корпусу топки обираємо корозостійку нержавіючу сталь марки 12X18H10T, вона забезпечує високу стійкість до високих температур, а також через свої властивості корозостійкості дозволяє використовувати себе в харчовій промисловості.

Для каналів газоходів і пекарної камери обираємо таку ж сталь марки 12X18H10T, також такий матеріал використовуємо для всіх патрубків вентилятора і шиберів.

Ізоляція всієї печі для запобігання втрат тепла буде виконана з мінеральної вати.

Матеріалом для зовнішньої обшивки печі обираємо звичайну корозієстійку сталь марки AISI 304.

Всі елементи каркасу виготовляються з сталі марки AISI 1015, адже вони не будуть нагріватись до високих температур, а також не будуть контактувати з продукцією.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Кольба Н.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Вибір конструкційних</i> <i>матеріалів</i>	<i>200279.KP.10.06 ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 39/62

Матеріали для валів барабанів повинен бути з сталі марки 45 або 40Х, загартовані при високій температурі адже потрібна висока міцність і ударна в'язкість.

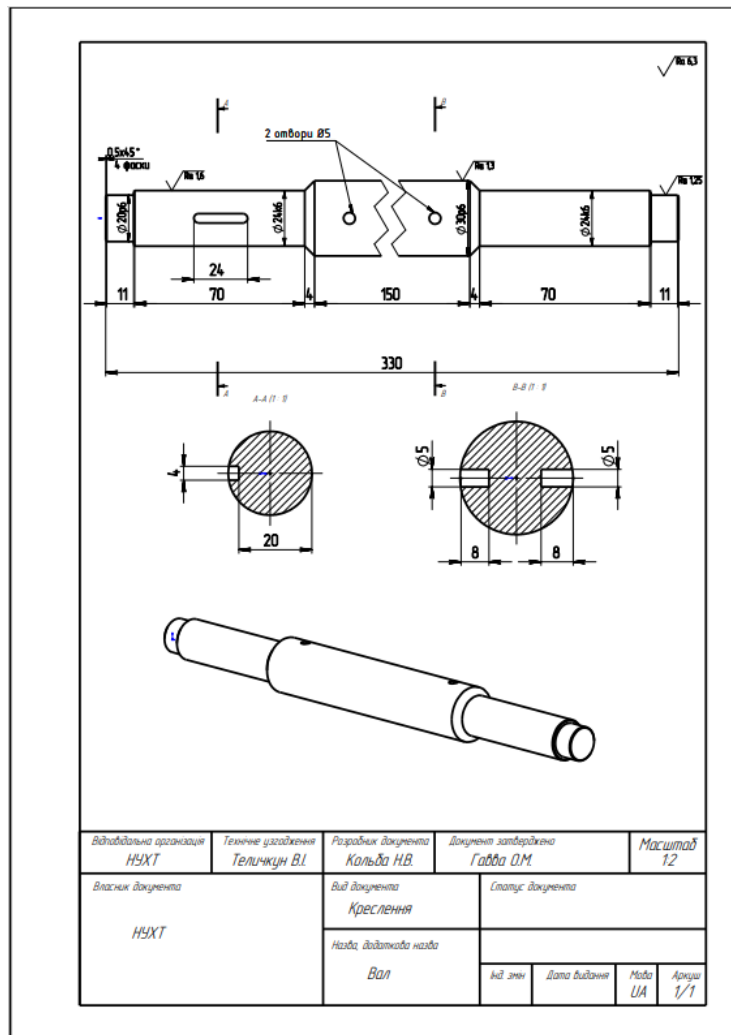
Цифрова панель управління виготовляється з термостійкого пластику, з такого ж матеріалу виготовляються ручки шибєру.

Марка матеріалу	Назва деталі	ДСТУ
AISI 321	Корпус топки, корпус пекарної камери, канали газоходи	AISI 321
AISI 304	Зовнішня обшивка печі	AISI 304
AISI 1015	Каркас	AISI 1015
AISI 1045	Вал барабана	AISI 1045
Мінеральна вата	Ізоляція печі	ДСТУ Б В. 2.7-318:2016

7. Технологія створення валу

7.1. Опис деталі, характеристика матеріалу

Деталь «вал» не має класу. Вона виготовляється з матеріалу AISI 1045 за ДСТУ 2651:2005 з масою в 0.2 кг, та габаритними розмірами 330x20x20. Найвищий клас точності мають отвори М5 Н14.



AISI 1045— є однією з основних матеріалів для виробництва деталей, прокату, тощо. Він використовується для створення валів і інших деталей які працюють під навантаженням. Також цей матеріал добре себе показує при експлуатації в діапазоні температур до 350 °С. Обрана сталь відповідає всім критеріям які нас цікавлять, тому ми будемо виготовляти деталь «Вал» з цього матеріалу.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Теличкун В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа		
Власник документа НУХТ	Розробник документа Кольба Н.В.	Назва, додаткова назва Опис деталі, характеристика матеріалу	200279.КР.10.07 ПЗ		
	Документ затверджено Гавва О.М.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA
					Аркуш 41/62

Хімічний склад сталі 5

Масова частка елементів, %								
Вуглець	Кремній	Марганець	Нікель	Мідь	Хром	Миш'як	Сірк	Фос
C	Si	Mn	Ni	Cu	Cr	As	a	фор
							S	P
0.14..0.2	0.05..0.1	0.4..0.65	0.3	0.3	3	0.08	0.05	0.04
2	7							

Механічні властивості сталі 5

Гранична міцність σв, МПа	Гранична текучість σт, МПа	Відносне видовження δ, %,	Відносне звуження ψ, %	Твердість НВ
380	235	25	36	131

Виходячи з хімічного складу і механічних властивостей, ми бачимо що обрана марка сталі задовольняє наші вимоги. Вал повинен витримати на собі навантаження які можуть виникати внаслідок приведення в рух барабана.

7.2 Розрахунок припусків

Заготовку деталі «Вал» отримуємо відрізанням з прута діаметром 25 мм і довжиною 335 мм

Припуск чистового розвертання:

$$2Z_{4\min} = 2(Rz_3 + D_3 + \sqrt{Tnp_3^2 + E_{y4}^2})$$

$$2Z_{4\max} = 312,8 + 39 - 25 = 326,8 \text{ МКМ}$$

$$2Z_{4\text{ном}} = \frac{2Z_{4\max} + 2Z_{4\min}}{2} = \frac{326,8 + 312,8}{2} = 319,8 \text{ МКМ}$$

Припуск чорнового розвертання:

$$2Z_{3\min} = 2(Rz_2 + D_2 + \sqrt{Tnp_2^2 + E_{y3}^2})$$

$$2Z_{3\max} = 372,8 + 100 - 39 = 433,8 \text{ МКМ}$$

$$2Z_{3\text{ном}} = \frac{2Z_{3\max} + 2Z_{3\min}}{2} = \frac{433,8 + 372,8}{2} = 403,3 \text{ МКМ}$$

Припуск на розточування:

$$2Z_{2\min} = 2(Rz_1 + D_1 + \sqrt{Tnp_1^2 + E_{y2}^2})$$

$$2Z_{2\max} = 482,8 + 250 - 100 = 632,8 \text{ МКМ}$$

$$2Z_{2\text{ном}} = \frac{2Z_{2\max} + 2Z_{2\min}}{2} = \frac{632,8 + 482,8}{2} = 557,8 \text{ МКМ}$$

Тоді загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}} = \sum_1^i 2Zi_{\text{ном}} = 319,8 + 403,3 + 557,8 + 2256,1 = 3537 \text{ МКМ}$$

Приймаємо 3,5 мм

Коефіцієнт на використання матеріалу:

$$K_M = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{12,8}{18,9} = 0,68$$

7.3 Технологічний маршрут

№	Назва операції, переходу	Зміст операції
10	Відрізна	Відрізати заготовку довжиною 335 мм
15	Фрезерна	Фрезерувати торці вала 1 і 2 в розмір 330 мм
20	Центрувальна	Центрувати торці вала 1 і 2
25	Токарна	Точити начорно поверхню 3
25,1	Токарна	Точити начорно поверхню 4
25,2	Токарна	Точити начисто поверхні 3 і 4
30	Свердлильна	Свердлити отвір 5
30,1	Свердлильна	Свердлити отвір 6
35	Фрезерна	Фрезерувати шпонковий паз 7
40	Термічна	Цементация поверхонь 3 і 4
45	Шліфувальна	Шліфувати поверхні 3 і 4
50	Мийна	Промити вал
55	Контрольна	Перевірка розмірів

7.4 Розрахунок свердлильної операції

Зміст операції:

1. Установити та закріпити деталь в пристрої;
2. Свердлити два отвори в розмір $\varnothing 5$ H14 наскрізь;

Різальний інструмент:

1. Свердло $\varnothing 5$ H14 P6M5

Інструмент для вимірювання:

Штангенциркуль ШЦ-I-125 – 0,1

Знайдемо глибину різання:

$$t = \frac{D_{\text{CB}}}{2} = \frac{7}{2} = 3,5 \text{ мм}$$

Швидкість різання:

$$V_p = \frac{C_v d_{\text{CB}}^q}{T^m S_B^y} K_v K_{zV} = \frac{7 \cdot 10 \cdot 2^{0,2}}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} 1,2 \cdot 0,75 = 14,63 \text{ м/хв}$$

Поправковий коефіцієнт для матеріалу Сталь 5:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right) = 1 \left(\frac{750}{450} \right)^{0,9} = 1,58$$

Частота обертання свердла:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D_{\text{CB}}} = \frac{1000 \cdot 14,6}{3,14 \cdot 10,2} = 450 \text{ хв}^{-1}$$

Відкорегуємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi D_{\text{CB}} \cdot n_B}{1000} = 11 \text{ м/хв}$$

Час першого переходу:

$$t_{01} \frac{L}{S_B n_B} = \frac{20}{0,56 \cdot 355} = 0,11 \text{ хв}$$

Додатковий час:

$$t_{\text{доп1}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,43 + 0,26 + 0,17 = 0,8 \text{ хв}$$

Час на операцію свердління отвору:

$$t_{\text{оп}} = \left(\sum_{i=1}^n t_{01} + \sum_{i=1}^n t_{\text{доп1}} \right) i = (0,12 + 0,8)2 = 1,42 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп3}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}} = 0,08 + 0,18 + 0,24 = 0,5 \text{ хв}$$

Оперативний час свердління отвору:

$$t_{\text{оп3}} = \left(\sum_{i=1}^n t_{03} + \sum_{i=1}^n t_{\text{доп3}} \right) i = (0,18 + 0,5)2 = 1,26 \text{ хв}$$

Обираємо формулу швидкості різання сталі:

$$V_c = \frac{55,2 \cdot d_{\text{св}}^{0,5}}{T^{0,125} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,4}} = \frac{55,2 \cdot 35^{0,5}}{70^{0,125} \cdot 2,5^{0,2} \cdot 0,7^{0,4}} = 184,4 \text{ м/хв}$$

Основний час:

$$t_0 = \frac{L}{S_z z n} + \frac{h}{S_{\text{звр}} z} = \frac{45}{0 \cdot 014 \cdot 2 \cdot 500} + \frac{2}{0,38 \cdot 2} = 8,60 \text{ хв}$$

Час на обслуговування робочого місця:

$$t_{\text{тех}} = t_{\text{оп}} \left(\frac{a}{100} \right) = 20,36 \left(\frac{2}{100} \right) = 0,32 \text{ хв}$$

Час на організаційне обслуговування:

$$t_{\text{орг}} = t_{\text{оп}} \left(\frac{\beta}{100} \right) = 20,36 \left(\frac{1,3}{100} \right) = 0,28 \text{ хв}$$

Час на відпочинок працівника:

$$t_{\text{відп}} = t_{\text{оп}} \left(\frac{\alpha_{\text{оп}}}{100} \right) = 20,36 \left(\frac{4,2}{100} \right) = 0,84 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$t_{\text{шт}} = \sum_{i=1}^n t_{0i} + \sum_{i=1}^n t_{\text{доп}} + t_{\text{обс}} + t_{\text{відп}} = 20,36 + 0,72 + 0,84 = 21,2$$

7.5 Розрахунок токарної операції

Операція точити начорно пов. 3 і 4

Визначимо швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{304}{60^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 1^{0,4}} = 113,7 \text{ м/хв}$$

Частота обертів шпинделя:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 113,7}{3,14 \cdot 236} = 153,4 \text{ об/хв}$$

Прийmemo найближчу частоту обертів шпинделя:

$n_B = 125$ об/хв.

Дійсна швидкість:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d_3 \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 236 \cdot 125}{1000} = 92,6 \text{ м/хв}$$

Час виконання переходу:

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{61}{125 \cdot 1,0} = 0,49 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_D = t_1 + t_2 + t_3 = 0,11 + 0,12 = 0,23 \text{ хв}$$

Операція 20,2 Торцювати пов. 2

Швидкість різання:

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 1^{0,4}} = 96,6 \text{ м/хв}$$

Частота обертів:

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 96,6}{3,14 \cdot 236} = 130,4 \text{ об/хв}$$

Прийmemo таку частоту:

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 236 \cdot 125}{1000} = 92,6 \text{ м/хв}$$

Глибина різання:

$$t = \frac{232 - 230}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Припуск на оброблення:

$$t = \frac{35 - 30}{2} = 2,5 \text{ мм.}$$

Обираємо формулу критичної швидкості різання:

$$V_c = \frac{55,2 \cdot d_{ce}^{0,5}}{T^{0,125} \cdot t^{0,2} \cdot S^{0,4}} = \frac{55,2 \cdot 35^{0,5}}{70^{0,125} \cdot 2,5^{0,2} \cdot 0,7^{0,4}} = 184,4 \text{ м/хв}$$

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 184,4}{3,14 \cdot 35} = 1677,7 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_B = 1600$ обертів на хвилину

Дійсна швидкість:

$$V_o = \frac{\pi \cdot d_{ce} \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 35 \cdot 1600}{1000} = 175,8 \text{ м/хв}$$

Основний час:

$$t_0 = \frac{L_s}{S_e \cdot n_e} = \frac{124}{2,0 \cdot 60} = 1,03 \text{ хв;}$$

8. Монтаж, експлуатація та ремонт печі

8.1 Монтаж

Порівнюючи піч коаксіального типу, а саме її конструкцію, розміри по довжині і ширині з печами тунельного типу які використовуються на підприємствах сьогодні, ми можемо побачити багато переваг, таких як:

- Компактність;
- Модульність;
- Простоту в експлуатації;
- Простоту в ремонті;
- Простоту в монтажі;
- Малу металоємкість;
- Набагато меншу кількість витрат металу до продуктивності;

Виходячи з цих переваг, монтаж розробленої печі полегшується в декілька разів. Якщо звичайні печі тунельного типу мають довжину – 20 метрів, піч коаксіального типу має лише – 6 метрів, це дозволяє виготовити всю установку на підприємстві яке займається виготовленням обладнання, достатньо легко її транспортувати в зібраному виді і проводити процес монтажу.

Монтаж обладнання проходить в декілька етапів, спершу потрібно обумовити кількість установок які будуть монтуватись, це можуть бути як комплекси з двох і більше печей, так і малі виробництва де потрібна лише одна або дві печі.

Наступним етапом є обумовлення поверхні на яку буде монтуватись обладнання, адже через конструкцію ніжки на якій і стоїть піч, є декілька варіантів монтажу:

1. Установка на заготовлений бетонний фундамент без анкерних болтів.

В цьому випадку обладнання стоїть на бетонному фундаменті і опирається на

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Кольба Н.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Монтаж</i>	<i>200279.КР.10.08 ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 49/62

ніжки в кількості 14 штук, така кількість ніжок обумовлена правильним розподіленням ваги на всю довжину печі.

2. Установка на бетонний фундамент і закріплення анкерними болт

В даному випадку монтаж обладнання здійснюється за таким ж принципом як і в першому варіанті, але через особливості ніжки, а саме різьба яка проходить через основу ніжки, це дозволяє проводити монтаж одразу в двох варіантах – монтажу на бетонний фундамент без закріплення, а також з закріпленням.

Фінальним етапом монтажу є виготовлення обладнання, привезення на підприємство і монтаж на обумовлене місце, а через те що габаритні розміри спроектованої печі в рази менші за розміри звичайної промислової печі тунельного типу, це дозволяє транспортувати одразу декілька печей в зібраному виді і проводити монтаж в декілька разів швидше.

8.2 Експлуатація

Перед початком експлуатації обладнання, як і з будь-яким обладнанням потрібно ознайомитися з інструкцією безпечної експлуатації.

Крім інструкцій, існують ще правила експлуатації які не можна порушувати, тому що кожне порушене правило безпечної експлуатації може потягти за собою не бажані наслідки, до таких правил відносять:

- Підтримання сприятливих умов на робочих місцях;
- Утримання обладнання в чистоті;
- Забезпечувати змащування всіх вузлів де потрібне змащування;
- Дотримання режиму роботи устаткування;
- Дотримання правил управління машиною;
- Вчасний ремонт і обслуговування вузлів а також заміна зношених деталей;
- Дотримання індивідуальних особливостей в експлуатації устаткування;
- Огородження робочих місць працівників;

Для того щоб обладнання працювало довго і без збоїв, потрібно слідкувати за станом обладнання, цим повинен займатись головний механік або інша структура яка виконує такі ж функції, вона готує технічну документацію, а також пропозиції що до покращення стану устаткування.

В той же час інспекційна структура може зупинити агрегат якщо його стан буде незадовільним або будуть порушені правила експлуатації чи графік ремонту.

Працівники які працюють на робочому місці повинні бути висококваліфікованими, знати конструкцію і всі особливості при роботі з цим устаткуванням, вміти регулювати параметри печі за допомогою цифрової панелі, а також проводити дрібний ремонт або викликати ремонтну бригаду яка в свою чергу буде ліквідовувати всі поломки,

змащувати вузли і проводити діагностику.

Діагностика і вчасне технічне обслуговування устаткування дуже важливий аспект, адже якщо вчасно проводити обслуговування, то устаткування не буде втрачати своєї максимальної продуктивності. Вчасне обслуговування може продовжити термін служби до наступного ремонту.

Перед початком експлуатації раніше установленної печі безпосередньо на підприємстві, потрібно оглянути її, перевірити справність всіх вузлів, а також змастити деталі якщо виробник устаткування це не зробив. При виявленні пошкоджень чи не працюючих елементів, інспекційна служба чи оператор повинен повідомити про це керівника і очікувати моменту коли установка буде приведена в робочий стан.

Якщо під час роботи печі виникне аварійна ситуація, потрібно одразу зупинити установку, виконати діагностику і відремонтувати пошкоджену деталь чи вузол.

8.3 Ремонт

Якщо під час роботи печі виникне аварійна ситуація, потрібно одразу зупинити установку, виконати діагностику і відремонтувати пошкоджену деталь чи вузол. При незначних пошкодженнях, слід одразу замінити пошкоджені деталі, обслуговування всього агрегату повинне бути комплексним і проводитись відповідно всіх графіків. Комплекс обслуговування включає в себе такі елементи:

- Вчасне змащування вузлів;
- Вчасна заміна пошкоджених деталей;
- Вчасне обслуговування програмного забезпечення;
- Підтримання санітарних норм;

Під час ремонту особливу увагу потрібно приділяти вузлам приводного барабана, натяжного барабана, а також стрічці і вентилятору.

Що до приводного барабана, особливу увагу потрібно приділити шківам, пасовій передачі, підшипникам а також двигуну. Шківви потрібно раз в рік оглядати і перевіряти їх зношеність. Пасову передачу потрібно оглядати раз в два місяці і при необхідності замінити на новий, при значному розтягуванні чи при появі тріщин, пас потрібно замінити на новий. Якщо з'явиться незвичайний звук при роботі приводного барабана, значне уповільнення прокручування барабана, потрібно оглянути підшипники, змастити їх або замінити якщо візуально можна побачити пошкодження.

Що до натяжного барабана, елементів які можуть вийти з ладу тут менше, до переліку цих елементів відносяться – підшипники і натяжні болти. Якщо під час роботи натяжного барабана з'явиться незвичайний звук чи щось буде заважати вільному прокручуванню барабана, потрібно провести обслуговування підшипників, за потреби змастити їх або замінити якщо візуально можна побачити пошкодження.

При ремонті стрічки, потрібно прослідити за її розтягуванням і просіданням, адже вона завжди працює на розтяг і проходить через пекарну камеру, внаслідок чого розігрівається до високих температур, ці фактори можуть негативно вплинути на метал з якого виготовлена стрічка, внаслідок чого стрічка може збільшити свій розмір і почне просідати, щоб цього не сталося потрібно оглядати стрічку і при необхідності натягувати її за допомогою натяжного барабана, крім того після кожної робочої зміни потрібно очищати стрічку від можливих залишків тіста. Обслуговування проводиться один раз в місяць.

Обслуговуючи вентилятор, особливу увагу потрібно приділити двигуну який має свій термін обов'язкового технічного обслуговування, ці дані надаються підприємством виробником цього двигуна. Крім двигуна, раз в місяць потрібно оглядати лопатки вентилятора щоб усунути можливі їх пошкодження.

Більша частина всіх ремонтних робіт виконуються відповідно до графіку обслуговування і інструкції з експлуатації. Якісне обслуговування, а також регулярний контроль дозволить зменшити кількість позапланових ремонтів внаслідок чого обладнання не буде стояти без випуску продукції.

Перед будь-яким ремонтом, піч оглядає інспекційна структура підприємства, виявляє всі пошкоджені елементи, а також внаслідок аналізу записів з журналу технічного обслуговування роблять висновок що до ремонту тих чи інших вузлів.

Для демонтажу окремого вузла потрібно провести ряд дій щоб безпечно провести цю операцію:

- Відключити піч від електромережі;
- Попередити працівників про проведення демонтажу вузла;
- Перевірити чи всі елементи печі зупинили свою роботу;
- Провести демонтаж вузла;

Перед початком демонтажу потрібно ознайомитися з кресленнями устаткування, ознайомитися з технічним паспортом а також підготувати план демонтажу.

План демонтажу повинен включати в себе всі кроки операції яка буде проводитись включно з монтажем відремонтованого вузла.

Під час ремонту демонтованого вузла, потрібно виявити всі пошкоджені елементи, розробити список несправностей і надати цей список головному механіку на підприємстві. Якщо демонтаж проводиться одразу декількох вузлів, то на кожен вузол складається свій список несправних деталей.

Якщо виникає питання демонтажу всієї печі, то всі кроки такі ж самі як і для демонтажу вузла, але не в контексті одного вузла, а одразу в контексті всієї печі.

9. Охорона праці

Для правильної роботи печі, робітнику потрібно провести:

- Вступний інструктаж, в ході якого буде висвітлено основні дані що до печі, її переваги і особливості роботи з нею;
- Перший інструктаж, в ході якого проводиться інструктаж працівнику який ще не почав роботу за установкою;
- Періодичні інструктажі, для працівників які обслуговують піч;
- Позапланові інструктажі, в ході яких висвітлюються зміни в технологічному процесі або порушенні нормативно-правових актів;

Для комфортних умов роботи за устаткуванням, керівник повинен забезпечити оптимальні умови, такі як: температура повітря, відносну вологість а також швидкість повітря.

У приміщеннях повинно проводитись вологе прибирання.

Перевіряти рівень шуму та вібрацій повинна проводитись не рідше одного разу в рік, або частіше при виникненні підвищеного шуму чи вібрацій.

Освітлення повинне бути комбіноване і штучне і відповідати всім вимогам.

Природне освітлення здійснюється за допомогою великих вікон, через бруд і пил, їх потрібно мити щонайменше два рази на рік, а стіни і стелю потрібно фарбувати раз на рік.

Щоб забезпечувати санітарно-гігієнічні норми на підприємствах які виробляють харчові продукти, повинні бути передбачені роздягальні, санвузли, роздягальні, а також кімнати для відпочинку.

Роздягальні повинні бути обладнані шафами для працівників.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> <i>Теличкун В.І.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документу</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> <i>Кольба Н.В.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> <i>Охорона праці</i>	200279.КР.10.09 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Гавва О.М.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 56/62

Висновки

1. Розроблено модульну піч коаксіального типу для виробництва багетоподібних виробів.
2. Розроблено конструкцію модуля печі коаксіального типу регіональністю якого є циліндрична форма пекарної камери що обігривається гарячими газами які рухаються по кільцевому каналу вздовж пекарної камери, після обігріву пекарної камери, газу вентилятором повертаються до топки по кільцевому каналу що утворюється циліндричними поверхнями гарячого каналу і зовнішньою поверхнею печі, частина димових газів видаляється через димову трубу.
3. Перевагою печі є компактність її конструкції, низька металоємкість, відсутність необґрунтованих поверхонь теплообміну з зовнішнім середовищем і відповідно низькі витрати ізоляційного матеріалу.
4. Модульна конструкція печі дозволяє регулювати продуктивність печі кратно кількості модулів і їх продуктивності.
5. Модульна конструкція дозволяє одночасно випускати продукцію різного асортименту.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Кольда Н.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> Висновок	200279.КР.10.000 ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 57/62

Список використаної літератури

1. Загальні технології харчових виробництв [Текст] : підручник / В. А. Домарецький, П. Л. Шиян, М. М. Калакура та ін. ; за наук. ред. М. М. Калакури, Л. Ф. Романенко; М-во освіти і науки України, Відкритий міжнар. ун-т розвитку людини "України", Нац. ун-т харч. технол. — Київ : Ун-т Україна, 2010. — 814 с. — базова для спец. 181. — ISBN 978-966-388-318-2.
2. Технологічні комплекси харчових виробництв [Текст] : навч. посіб. / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун та ін. ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : Сталь, 2017. — 456 с. — рекомендовано кафедрою. — ISBN 978-617-676-130-3.
3. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв: Підруч. / О. Т. Лісовенко, О. А. Руденко-Грицюк, І. М. Литовченко та ін. ; Ред. О.Т. Лісовенко. — К. : Наук. думка, 2000. — 284 с. — рекомендовано кафедрою. — ISBN 966-00-0553-9.
4. Технологія хлібопекарського виробництва [Текст] : Підруч. / В. І. Дробот. — К. : Логос, 2002. — 365 с. — базова для спец. 181. — ISBN 966-581-363-3.
5. Харчові технології. Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів [Текст] : навч. посіб. / О. В. Самохвалов, З. І. Кучерук, С. Г. Олійник та ін. ; Харків. держ. ун-т харч. та торг. — Харків : Бронін О. В., 2019. — 284 с. — ISBN 978-617-7738-55-7.
6. Харчові технології. Модуль 1. Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів [Електронний ресурс] [Текст] : конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. "Бакалавр" 181 "Харчові технології" освіт.-проф. програми "Технологічна експертиза та безпека харчової продукції" ден. та заоч. форм навч. / А. О. Шевченко, А. М. Грищенко ; Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2022. — 63 с. — каф. технології хлібопекарських та кондитерських виробів.

7. Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів спеціального призначення [Електронний ресурс] [Текст] : конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 181 "Харчові технології" освітньо-професійної програми "Технології хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів" ден. та заоч. форм навч. / В. Г. Юрчак, В. В. Дорохович, Ю. В. Бондаренко, І. М. Зінченко ; Нац. ун-т харч.технол. — Київ : НУХТ, 2018. — 109 с. — каф. технології хлібопекарських та кондитерських виробів.

8. Технологічний інжиніринг підприємств харчової галузі [Текст] : навч. посіб. / Я. Г. Верхівкер, О. С. Бессараб, Т. І. Нікітчина ; за ред. Я. Г. Верхівкера ; Одес. нац. акад. харч. технол., Нац. ун-т харч. технол. — Одеса : Освіта України, 2017. — 144 с. — ISBN 978-617-7366-26-2.

9. Технологічне обладнання харчових виробництв: курс лекцій для студ. напряму підготов. 6.050502 "Інженерна механіка" денної та заочної форм навч. / уклад. : В. І. Теличкун, В. М. Таран, Ю. С. Теличкун, М. Г. Десик. — К. : НУХТ, 2014. — 240 с. — каф. машин і апаратів харчових та фармацевтичних підприємств

10. Технологічні комплекси харчових виробництв : конспект лекцій для студ. спец. напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / О. С. Марценюк, Н. А. Жестерева. — К. : НУХТ, 2005. — 83 с. — каф. процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування. З 2011 р. каф. процесів і апаратів харчових виробництв.

Додатки

Класифікація	Знач	Лист	Позначення	Назва	Кількість	Прим.
				<u>Документація</u>		
A1			200279.KP.11.00.000	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	200279.KP.11.00.010	Печарна камера	1	
		2	200279.KP.11.00.020	Топка	1	
		3	200279.KP.11.00.030	Барабан	1	
		4	200279.KP.11.00.040	Барабан	1	
		5	200279.KP.11.00.050	Шибєр	1	
		6	200279.KP.11.00.060	Шибєр	1	
		7	200279.KP.11.00.070	Стопор ручки	2	
		8	200279.KP.11.00.080	Нажка	14	
		9	200279.KP.11.00.090	Димова труба	1	
		10	200279.KP.11.00.100	Кожух	1	
		11	200279.KP.11.00.110	Патрубок	1	
		12	200279.KP.11.00.120	Патрубок	1	
		13	200279.KP.11.00.0130	Площадка	1	
		14	200279.KP.11.00.0140	Кріплення двигуна	1	
				<u>Деталі</u>		
		15	200279.KP.11.00.001	Стоїка	5	
		16	200279.KP.11.00.002	Стоїка	5	
		17	200279.KP.11.00.003	Стоїка	2	
		18	200279.KP.11.00.004	Підставка	1	

Відповідальна організація НЕХТ	Технічне узгодження Томашук В.І.	Вид документа Специфікація	Статус документа			
Власник документа НЕХТ	Розробник документа Коваль Н.В.	Назва додатка/назва ПІЧ	200279.KP.10.000.01			
	Документ затверджено Савва О.М.		№д. змін	Дата видання	Мова UA	Листів 1/3

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кількість	Прим.
				<u>Стандартні вироби</u>		
		19		Болт М4х12 ISO 7380 12N	15	
		20		Болт М5х12 ISO 7380 12N	4	
		21		Болт М5х25 ISO 7380 25N	4	
		22		Болт М10х1х30N ISO 8676	4	
		23		Болт М10х90 ISO 4014 90N	2	
		24		Болт М12х80 ISO 4014 30N	2	
		25		Гвинт М5х12 ISO 7046-1 12N	4	
		26		Шайба М4 ISO 7092	15	
		27		Шайба М5 ISO 7092	8	
		28		Шайба М10 ISO 7092	4	
		29		Шайба М12 ISO 7092	2	
		30		Шайба М24 ISO 7092	36	
		31		Гайка М4 ISO 4032	15	
		32		Гайка М5 ISO 4032	8	
		33		Гайка М10 ISO 4032	4	
		34		Гайка М12 ISO 4032	2	
		35		Гайка М24 ISO 4032	36	
		36		<u>Гровер</u> М4 DIN 127	15	
		37		<u>Гровер</u> М5 DIN 127	8	
		38		<u>Гровер</u> М10 DIN 127	4	
		39		<u>Гровер</u> М12 DIN 127	2	
		40		Шпінт 5х30 ISO 1234	6	
		41		Шпакка 4х4х28 DIN 6885	2	
		42		Підшипник ISO 15-4-720	4	
		43		Шпилька М24х1000 DIN 975	7	
				<u>Покриті вироби</u>		
		44		Відцентровий вентилятор	1	
		45		Двигун	1	
		46		Панель управління	1	
		47		Стрічка конвеєра	1	

200279.KP.10.000.01

Інд. змін.

Дата видання

Модифікація

Архив
2/3

