

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

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

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХФВ

_____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

« ___ » _____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Дослідження процесу теплої екструзії тіста

Виконав: здобувач _____ курсу, групи _____

Лагода Мар'ян Євгенович

_____ (прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Десик Микола Григорович

_____ (прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

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

Здобувач _____

_____ (підпис)

Київ – 2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

МАХФВ

проф. Гавва О.М.

“ ” 20 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Лагода Мар'ян Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу теплої екструзії тіста

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

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи _____

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) анотація, зміст, вступ, Теоретичні основи процесу екструзії, Методи та об'єкти досліджень; Дослідження процесу теплої екструзії дріжджового тіста; Впровадження результатів досліджень; Правила монтажу та обслуговування; Заходи з охорони праці; Техніко-економічний розрахунок впровадження екструдера з підігрівом матриць; висновки; список використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд екструдера, Розріз екструдера, Формувальний вузол з підігрівом матриць

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|----|--|-------------------------------|----------|
| 1 | Анотація, зміст | 20.11.2020 | Виконано |
| 2 | Вступ | 25.11.2020 | Виконано |
| 3 | Теоретичні основи процесу екструзії | 30.11.2020 | Виконано |
| 4 | Методи та об'єкти досліджень; | 05.12.2020 | Виконано |
| 5 | Дослідження процесу теплої екструзії дріжджового тіста; | 10.01.2021 | Виконано |
| 6 | Впровадження результатів досліджень; | 15.01.2021 | Виконано |
| 7 | Правила монтажу та обслуговування; | 20.01.2021 | Виконано |
| 8 | Техніко-економічний розрахунок впровадження екструдера з підігрівом матриць; | 25.01.2021 | Виконано |
| 9 | Заходи з охорони праці; | 25.01.2021 | Виконано |
| 11 | Висновки; | 25.01.2021 | Виконано |
| 12 | Графічна частина | 25.01.2021 | Виконано |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Здобувач _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ (підпис) _____ (прізвище та ініціали)

Анотація

В даній магістерській роботі розглянута актуальна проблема – використання теплої екструзії тіста для формування хлібобулочних виробів.

За допомогою фізичного моделювання даного процесу, проведено дослідження по впливу температури матриці на продуктивність екструдера, побудовані температурні поля джгута тіста при підігріві тіста від стінки матриці та при електроконтактному нагріванні тіста, також проведено дослідження по впливу температури тіста на продуктивність екструдера.

Запропоновано впровадити екструдер в потокову лінію виробництва хлібобулочних виробів, де процеси тісто розробки проводяться методом екструзії. Відмінність запропонованої технології полягає в виброджуванні тіста в екструдері під надлишковим тиском та подальшому формуванні на під печі у вигляді нескінченних джгутів.

В роботі приведено економічні розрахунки, які показують, що впровадження екструдера в лінію виробництва хлібобулочних виробів і призводить до збільшення прибутку.

Технічний ефект розробки полягає в заміні значної кількості технологічного обладнання на екструдер, зменшення втрат енергії, кількості ручної праці, підвищенні продуктивності праці та раціональному використанні виробничих площ.

Запропонована конструкцію екструдера, в якому відбувається бродіння під тиском протягом 30 хвилин, на відміну від 3 годин що має місце при класичному способі виробництва, і формується через матриці з підігрівом безпосередньо на під печі, без вистоювання.

Впровадження запропонованого апарату з теплою екструзією дозволяє покращити збільшити продуктивність машини при забезпеченні якості готової продукції, зменшити витрати на виробництво.

Науково дослідна робота складається з 115 листів А4, 3 листів А1, рисунків, таблиць, та специфікацій креслення.

Ключові слова: екструзія, підігрів, тісто, температура.

Annotation

In this master's thesis the actual problem is considered - the use of warm extrusion of dough for the formation of bakery products.

Using physical modeling of this process, a study of the effect of matrix temperature on the productivity of the extruder, constructed temperature fields of the dough bundle when heating the dough from the matrix wall and electrocontact heating of the dough, also studied the effect of dough temperature on the productivity of the extruder.

It is proposed to introduce an extruder in the production line of bakery products, where the dough development processes are carried out by the method of extrusion. The difference of the proposed technology is the fermentation of the dough in the extruder under excess pressure and then forming on the oven in the form of endless bundles.

The paper presents economic calculations that show that the introduction of the extruder in the production line of bakery products and leads to increased profits.

The technical effect of the development is to replace a significant amount of process equipment with an extruder, reduce energy losses, the amount of manual labor, increase productivity and rational use of production space.

The proposed design of the extruder, which is fermented under pressure for 30 minutes, in contrast to the 3 hours that takes place in the classical method of production, and is formed through a matrix with heating directly on the furnace, without standing.

The introduction of the proposed device with hot extrusion can improve the productivity of the machine while ensuring the quality of finished products, reduce production costs.

The research work consists of 115 A4 sheets, 3 A1 sheets, figures, tables, and drawing specifications.

Key words: extrusion, heating, dough, temperature.

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 5 |
| Розділ 1 Теоретичні основи процесу екструзії. | |
| 1.1 Застосування екструзії в харчовій промисловості..... | 7 |
| 1.2 Реологічні властивості вибродженого дріжджового тіста | 10 |
| 1.3 Дріжджове тісто як об'єкт екструдкування..... | 20 |
| 1.4 Закономірності процесу екструдкування..... | 22 |
| 1.5 Вплив температури на процес екструзії..... | 26 |
| Висновки..... | 29 |
| Розділ 2 Методи та об'єкти досліджень. | |
| 2.1 Об'єкт дослідження | 32 |
| 2.2 Експериментальна установка для формування тістових джгутів методом екструзії. Методика проведення експериментів..... | 33 |
| Розділ 3 Дослідження процесу теплої екструзії дріжджового тіста | |
| 3.1 Вплив температури матриці на прогрів тістової заготовки, та продуктивність екструдера..... | 38 |
| 3.2 Вплив напруги на ступінь прогріву тістової заготовки при електроконтактному нагріванні..... | 41 |
| 3.3 Вплив температури тіста на процес та швидкість екструзії..... | 46 |
| 3.4 Вплив технологічних параметрів на процес екструзії тіста..... | 51 |
| 3.5 Моделювання процесів прогріву тіста в зоні формування за допомогою Flow Vision..... | 54 |
| Розділ 4 Впровадження результатів досліджень | |
| 4.1 Формування хлібобулочних виробів методом теплої екструзії..... | 57 |
| 4.2 Розробка конструкції матриці для теплої екструзії..... | 57 |
| 4.3 Розрахункова частина..... | 60 |
| Розділ 5.Правила монтажу та обслуговування..... | 80 |
| Розділ 6. Заводи з охорони праці..... | 84 |

| | |
|--|-----|
| Розділ 7 Техніко-економічний розрахунок впровадження екструдера з підгрівом матриць..... | 93 |
| Висновки..... | 113 |
| Список використаної літератури..... | 114 |

Вступ

В сучасних умовах виробництва одним з основних завдань розвитку харчової промисловості є інтенсифікація технологічних процесів, у тому числі зміна фізико-хімічних якостей природної сировини при впливанні на неї різними методами, та забезпечення при цьому якісної продукції.

Так для вирішення цього завдання в теперішній час широкого застосування знаходить екструзія, яка забезпечує інтенсифікацію і поглиблену обробку крохмалемісткої сировини при виробництві продуктів харчування.

Сьогодні на екструдерах переробляється до 12% сировини і спостерігається тенденція до подальшого збільшення продукції. В зв'язку з цим в наукових роботах значна увага приділяється екструзійній обробці, яка має ряд переваг.

В теперішній час процес виробництва хлібобулочних виробів включає в себе такі операції як поділ тіста на шматки, надання їм певної форми та вистоювання тістових заготовок. Всі ці операції виконуються на окремих одиницях обладнання, які мають досить складну будову, складні в експлуатації, мають високу ціну та займають виробничу площу.

Виходячи з цього доцільно спробувати впровадити в лінію виробництва хлібобулочних виробів екструдер, який би поєднував в собі операції поділу, вистоювання та формування виробів з тіста, крім того він значно простіший за будовою, дешевший в експлуатації, займає малі виробничі площі та може легко встановлюватися в автоматизовану потокову лінію.

Оскільки в сучасних ринкових умовах велику увагу приділяють виготовленню якісної продукції з найменшими затратами то дана науково-дослідна робота присвячена дослідженню процесу екструдювання виброжденного тіста, а саме впливу температури матриці на якість поверхні

виробів та швидкість екструдювання та розробленню екструдера для бродіння, формування заготовки методом теплої екструзії.

1 Теоретичні основи процесу екструзії

1.1 Застосування екструзії в харчовій промисловості

Екструзією називається процес переробки продуктів в екструдері шляхом пластифікації і надання їм форми продавлюванням крізь екструзійну головку, переріз якої відповідає конфігурації виробу. В ході процесу під дією значних швидкостей зсуву, високих температур і тиску відбувається перехід механічної енергії в теплову, що призводить до різноманітних по глибині змін в якісних показниках сировини, що переробляється. Характер і глибина змін і їх вплив на якість продукції залежать від режиму процесу екструзії та його тривалості.

На сьогодні використовуються такі основні способи екструдуювання харчової сировини при виробництві харчових продуктів з визначеними функціональними властивостями:

1). Холодне формування

Для даного способу характерні тільки механічні зміни в матеріалі внаслідок повільного його пересування та формування через матрицю. Прикладом використання даного різновиду екструзії може бути формування витих і плетених хлібобулочних виробів у машинах з матрицями, що обертаються формування соломки, заміс і формування макаронних виробів в пресах різних марок. За цієї технології не можна отримувати готових до споживання продуктів. Масова частка вологи в сировині при холодній екструзії складає $W = 30 \dots 60\%$;

2). Теплова обробка та формування при низькому тиску

При цьому способі поряд з механічною дією сировина (сухі інгредієнти сировини змішують з певною кількістю води) підлягає тепловій обробці, яка здійснюється додатковим нагріванням зовнішніми нагрівачами. Отриманий продукт (екструдат) відрізняється збільшеним об'ємом, пластичністю, пористою будовою, невеликою щільністю. Інколи екструдату необхідна

додаткова обробка, наприклад, підсушування. Цим методом отримують кондитерські вироби та деякі види закусок.

3). Теплова обробка та формування при високому тиску

Для високотемпературного екструдювання (екструзійна варка) - характері високі швидкості і тиски та значний перехід механічної енергії у теплову, що супроводжується різними за глибиною змінами у якісних показниках матеріалу. При використанні даного способу, може мати місце регульоване підведення теплової енергії як безпосередньо в продукт, так і крізь зовнішні стінки екструдера.. Використання такого досить нового процесу гідротермомеханічної обробки різних дисперсних як екструзійна варка дозволило розширити асортимент та зробити більш дешевим виробництво деяких тістоподібних та пюреподібних продуктів, дитячого харчування та продуктів з високим вмістом білку, сумішей для продуктів швидкого приготування. При гарячій екструзії температура перевищує 120°C , а масова частка вологи в сировину складає $W = 10\text{...}20\%$.

Для даного процесу характерна висока швидкість та значна дія температури, вологи, механічних напружень на матеріал, що оброблюється. За короткий час компоненти спресовуються під дією значного тиску, нагріваються до високої температури, а після формування крізь матрицю, через падіння тиску волога готовий продукт набуває пористої структури внаслідок миттєвого випаровування вологи.

В останні роки значний вклад в основу наукових і практичних основ екструзії внесли вчені Англії, США, Франції, Італії, країн СНД. Подальші дослідження необхідні для оптимізації технологічних процесів екструзійного оброблення та нових технологічних рішень при виробництві екструзійних продуктів.

Обладнання для гарячого екструдювання має високу вартість, що призводить до застосування, в основному, установок для холодного

екструдювання. Особливого поширення цей спосіб набув у кондитерській галузі.

При виготовленні хлібобулочних виобів із дріжджового тіста доцільно використовувати холодне екструдювання (при традиційній технології), проте використання теплої екструзії дозволить підвищити продуктивність екструдера та скоротити час випічки.

Для екструзійної техніки є характерні такі особливості: сполучення в одній машині декількох технологічних операцій (здрібнювання, транспортування, перемішування, варіння, формування); збільшення швидкості протікання хімічних реакцій; можливість створення нових видів готової продукції; високий ступінь автоматизації.

Останнім часом спостерігається ріст споживання екструдюваних харчових продуктів. Асортимент харчової продукції включає більш 400 найменувань.

На екструдерах виробляють пасти, макаронні вироби, бісквіти, що хрусткі хлібці, сухі зернові сніданки, снеки, продукти дитячого і дієтичного харчування, кондитерські вироби (цукерки, шоколад, печиво, жувальну гумку), інгредієнти кормів для домашніх тварин, модифіковані крохмалі, птахів, риб, повітряні круп'яні (кукурудзяні, перлові, рисові і т.д.) і сухі супи, приправи, сухі суміші для напоїв, картопляні палички, соуси та ін.

Екструдер основна технологічна машина для виробництва екструдюваних продуктів, та складається з таких основних вузлів: корпусу, оснащеного нагрівальними й охолоджувальними елементами, робочого органа (шнека, диска, поршня), розміщеного в корпусі, профілюючої матриці, вузла завантаження продукту, що переробляється, силового приводу, системи завдання і підтримки температурного режиму й інших контрольно-вимірювальних і регулюючих пристроїв. Основним вузлом екструдера є шнек спеціальної конструкції, який визначає режими обробки

матеріалів, продуктивність машини і якість готового продукту та може збиратися з окремих замінних елементів різної конфігурації.

Закордонна промисловість пропонує широкий спектр екструдерів — від лабораторних до високопродуктивних промислових установок різних конструкцій і модифікацій для задоволення зростаючих вимог до якості й асортименту продукції, що випускається.

1.2 Реологічні властивості вибродженого дріжджового тіста

При виробництві хлібопекарської продукції напівфабрикати перебувають в умовах складного напруженого стану. Здібність зберігати, або змінювати форму під впливом зовнішніх зусиль характеризується механічними властивостями тіста. Частина з них діє на поверхні – адгезія, інша по об'єму матеріалу (пружність, еластичність, в'язкість). Ці властивості називають структурно механічними і вони безпосередньо пов'язані з молекулярними взаємодіями у тілах, взаємодією елементів один з одним і з молекулами дисперсійного середовища, особливостями будови і теплового руху їх структурних елементів.

Борошняне тісто являє собою складну гетерогенну систему, структура якого складається в основному з двох полімерів – набухаючих в воді білків та крохмалю, механічні властивості структури якого можуть суттєво відрізнитися в залежності від виду та сорту виробів.[3] В межах кожного з них вони визначаються вмістом хімічних з'єднань зерна та борошна, їх біохімічними властивостями, кількістю води в тісті.

Виброджене дріжджове тісто, яке містить закваски, газоподібні речовини (вуглекислоту), дріжджі, , органічні кислоти, які утворюються при бродінні, являється структурним аналогом та попередником будови хлібної м'якоти, яка ще незафіксована її термічною обробкою.

Основними характеристиками механічних властивостей тіста є:

— Модуль пружності-еластичності зсуву E. Він перешкоджає зміні в пружньому об'ємі тіста, а відповідно, розвитку та зміні його об'єму при

бродінні. Але створений в межах пластичної ділянки об'єму і формі тіста після релаксації в ньому напружень він сприяє їх зберіганню.

— В'язкість тіста η . Вона виконує роль структурно-механічної перешкоди при утворенні і руйнуванні пористої структури.

— Період релаксації напружень η/E . Аналізуючи вплив модуля пружності-еластичності зсуву та в'язкості тіста на основні характеристики хліба, можна зробити висновок, що він є спільним і визначається відношенням η/E , що характеризує період релаксації. Це відношення визначає вид та величину деформації тіста в процесі його обробки.

На механічні властивості тіста впливають багато факторів основними з яких є: рецептура тіста, вид та сорт борошна, спосіб тісто приготування, вологість тіста, температура в процесі випікання.

Розглянемо детальніше вплив температури на механічні властивості тіста.

Виробництво хлібних заготовок завершується прогрівом тіста до 100 °С в умовах великих градієнтів тепло- та масопереносу.

Термічна обробка при випіканні в вказаному інтервалі температур суттєво впливає на механічні якості тіста, в заготовці зменшується кількість вільної води, тісто втрачає властивість текучості під навантаженням сил тяжіння; та активність біохімічних процесів, змінює конформації молекул основних полімерів зерна, їх гідрофільні якості;. Потім пластично – пружня структура тіста перетворюється в пружньо – крихку пластичну студнеподібну структуру хлібної м'якоті. Припускають, що його пластичні деформації мають місце в основному при малих швидкостях деформації внаслідок релаксації напружень, а при більших швидкостях – внаслідок явищ крихкості, руйнуванню суцільності стінок пор концентрованого білково- крохмального студня – м'якоті в пружній частині. В зв'язку з цим при дослідженні механічних властивостей хлібної м'якоті потрібно обмежитись можливо малими величинами його деформацій і їх швидкості. Замість

деформації зсуву доцільно використовувати деформації співвісного стиску порисої піноподібної структури м'якоті.

Прогрівання структури збільшує тепловий рух молекул хімічних зв'язків. В розчинах полімерів воно знижує коефіцієнт внутрішнього тертя (в'язкість). Залежність в'язкості розчинів полімерів від температури визначається емпіричним рівнянням Арреніуса

$$\eta = Ae^{E/KT} \quad (1.1)$$

де A – стала, яка залежить від властивостей речовини;

T – абсолютна температура;

K – газова стала;

E – енергія активації (робота, що затрачається на переміщення частинок).

Дане рівняння справедливе лише для розчинів низької концентрації та за умови відсутності суттєвих змін форми молекул полімерів. Концентрація основних полімерів зерна (клійковинних білків і крохмалю) в хлібному тісті є дуже великою, а термічна обробка змінює форму молекул, а також здатність до взаємодії цих основних полімерів зерна з розчинником – водою. Розміри і форми їх молекул змінюються також при гідролізі і бродінні ферментами зерна і мікроорганізмами тіста.

Згадані процеси здійснюють вплив на структуру, змінюють механічні властивості тіста. Тому застосування рівняння Аренніуса для структури тіста застосовується лише в обмеженій області температур. Залежність вказаних властивостей тіста від широких діапазонів температури являється більш складною. Можливий вплив температури на ці властивості: прогрів тіста під час випікання та перетворення його в хліб проходить в 2 основні стадії. В першій стадії при прогріванні тіста до 50 – 60°C активуються ферментні системи тіста, в ньому збільшується вміст водорозчинних з'єднань, які

пластифікують структуру і разом з посиленням молекулярно – теплового руху знижують в'язкість, посилюють адгезні властивості тіста-хліба. На цій стадії починаються клейстеризація крохмалю і денатурація білків зерна. Ці процеси найбільш активно проходять і закінчуються під час другої стадії прогріву тіста від 60 до 100°C, коли присутня інактивація його ферментних систем.

При температурі 40°C і більше відбувається клейстеризація крохмалю, яка полягає в „плавленні” кристалічних ділянок його молекул, руйнуванні його внутрішньо молекулярних водневих зв'язків, аморфізації структури з приєднанням значної кількості води. При цьому збільшується в'язкість його структури в охолодженому стані. При прогріванні тіста від 30 до 40°C і більше відбувається денатурація білків зерна, яка полягає в руйнуванні внутрішньо молекулярних водневих зв'язків з наступною зміною глобулярної форми молекул в фібрилярну, та утворенням додаткових полярних зв'язків між молекулами; Що супроводжується збільшенням модуля зсуву та в'язкості. Перераховані зміни гідрофільних властивостей крохмалу та білків внаслідок термічної обробки вибродженого тіста є основними факторами трансформації структури тіста в структуру хлібної м'якоті, що супроводжується визначним збільшенням основних механічних характеристик заготовки.

Позаяк процеси клейстеризації крохмалю та денатурації білків проходять при температурі тіста 30-60°C, то цікаво дослідити структурно-механічні властивості тіста-хліба в даних межах.

На рис 1.1. показана залежність механічних характеристик невибродженого тіста вологістю 48% з борошна 2-го ґатунку і вологістю 54% житнього від температури. Обидва зрізки витримували після приготування 30 хв., після чого пшеничне тісто прогрівали від 30 до 60 °C, а потім охолоджували до температури 30°C, та при постійному навантаженні вимірювали деформації зсуву.

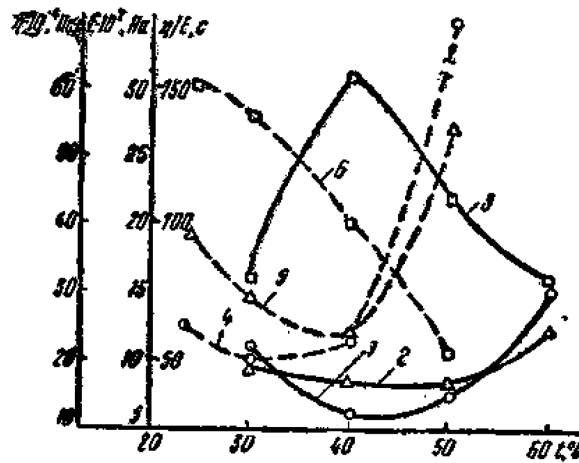


Рис.1.1 Залежність пружньо – пластичних характеристик (E , η , η/E) тіста від температури пшеничне тісто (1,2,3), житнє тісто (4,5,6).

Збільшення температури тіста значно впливає на його механічні властивості. З підвищенням до певної межі температури модуль зсуву та в'язкість тіста знижуються, а при наступному збільшенні температури знову зростають.

Для обох видів тіста загальною закономірністю є більш значущий вплив температури тіста на його пружньо–пластичні властивості, які визначаються модулем зсуву, ніж на в'язкість. Модулі зсуву тіста при прогріванні збільшуються в 3-5 разів, а в'язкість – лише в 1,5-2 рази.

З підвищенням температури пшеничного тіста його відносна пластичність змінюється в незначних межах. При максимальній температурі тіста вона незначно збільшується. З підвищенням температури відносна еластичність тіста зменшується в значній мірі, оскільки залежить від процесів денатурації білків і клейстеризації крохмалю.

Отже, підвищення температури тіста до 40-60°C супроводжується значною ступеню гідратації основних полімерів зерна – білків та крохмалю та активацією процесів зміни форми.

Наступне збільшення набухання на початковій стадії клейстеризації (50-60°C) крохмалю супроводжується значним збільшенням пружності та в'язкості тіста. Не дивлячись на це, прогріте від 40 до 60 °C пшеничне тісто суттєво знижує відношення в'язкості до модуля – робиться більш рідинно-подібною системою; його відносна пластичність збільшується, а еластичність знижується.

Отже, прогріте до 60°C пшеничне тісто характеризується збільшеними модулем пружності і в'язкість порівняно з тістом, але виходячи з його значної пластичності, пружно-пластичні властивості тіста-хліба відрізняються від хлібної м'якоті готового хліба, які притаманні тісту-хлібу при прогріванні до 100°C.

Механічні властивості тіста і хлібної м'якоті мають велике практичне значення не тільки в об'ємі їх структури, але й на поверхні, яка контактує з механічним обладнанням. Сили зчеплення між частинками структури матеріалу в його об'ємі називають когезійними, або когезією.

Поява сил взаємодії на межі розділу різних матеріалів називають адгезією, або прилипанням. Ключий матеріал, який контактує з поверхнями зкліюваних ним твердих тіл – субстратів (в даному випадку борошняне тісто), являється адгезивом. Сили адгезії активно приймають участь в процесах замішування, поділу, транспортування та формування тіста в виробництві, споживанні хліба, його різанні.

Речовини, які мають високу адгезійну здатність, мають велику молекулярну масу, являються полімерами. Це пояснюється тим, що явище адгезії в основному залежить від взаємодії вторинних міжмолекулярних зв'язків (полярних та неполярних груп атомів) високомолекулярних з'єднань – адгезивів з поверхнею субстрату. Сума енергії цих зв'язків на ланку макромолекули може бути достатньо великою і навіть перевищувати енергію одиничних, найбільш міцних когезійних – ковалентних зв'язків.

Явище адгезії борошняного тіста пояснюється теоріями адсорбції і дифузії адгезивів. Перша пояснює утворення адгезивного зв'язку між адгезивом (тістом) і субстратом, з яким він контактує, дією адсорбційних (Ван-дер-вальсових) сил на поверхні розділу. Адгезійний зв'язок між адгезивом і субстратом утворюється внаслідок міграції макромолекул полімеру (адгезиву) до поверхні субстрату, завдяки тепловому руху; при наближенні на відстань менше $5 \cdot 10^{-7}$ см між адгезивом і субстратом починають діяти міжмолекулярні сили, які призводять до утворення адсорбційних зв'язків. Їх міцність залежить від числа, а також активності функціональних груп адгезиву.

В основі дифузійної теорії адгезії лежать умови взаємної розчинності чи суміщення ланцюгових макромолекул адгезиву та субстрату, а також достатньої рухомості, що забезпечує їх дифузію через поверхню розділу.

Отже, загальна теорія адгезії має враховувати стан та властивості полімеру – адгезиву (розчинність, молекулярна маса, пружність, в'язкість, еластичність, релаксаційні властивості субстрату, взаємодія між адгезивом і субстратом), а також умови утворення адгезійного зв'язку.

При замішуванні та бродінні тіста зниженої вологості збільшуються його пружньо-пластичні властивості, які характеризують сили когезії, знижуються тим самим адгезійні властивості. Значний вміст води супроводжується швидкою втратою її з поверхні тіста – його підсиханням в умовах невисокої відносної вологості повітря і зниженням властивості адгезії. Розвиток питомої поверхні і обсушування тіста проходить в процесах поділу його на частини та формування, збільшує втрати вологи. Наявність на поверхнях тістових заготовок сухої скоринки знижує якість хлібних виробів. Таким чином, виникає потреба запобіганню її утворення.

З прогріванням тіста в печі, тісто перетворюється в хлібну м'якоть і супроводжується значним пониженням його липкості внаслідок зв'язування вільної води.

На тиск відриву тіста впливають такі фактори: напруження та тривалість контактування, вологість і температура тіста, швидкість відриву, тривалість вистоювання тіста, гатунок борошна, вплив основних з'єднань продуктів збродження тіста.

На рис. 1.2. показано залежність тиску відриву P_0 пшеничного тіста, вологістю 44%, з борошна 1-го гатунку від напруження контактування при його тривалості 1хв. З графіків видно, що невіброжене тісто внаслідок його меншої пружності та в'язкості і відповідно покращує умови контакту з твердою поверхнею, має більший тиск відриву ніж виброжене.

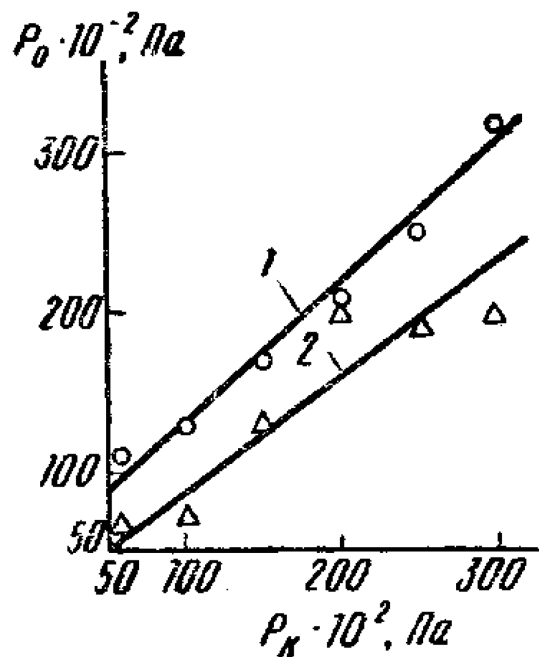


Рис. 1.2. Залежність тиску відриву P_0 від напруження контактування пшеничного невіброженого – 1 і виброженого – 2 тіста

На рис.1.3. приведена залежність тиску відриву пшеничного невіброженого тіста від тривалості контакту з поверхнями заліза та фторопласту при напруженні контакту $100\text{г}/\text{см}^2$ для диску площею 10 см^2 . як видно з цього рисунку використання фторопласту доцільно лише при

короткочасній тривалості контакту. Це пов'язано з тим, що дифузія тіста в поверхню фторопласта проходить з більшою швидкістю.

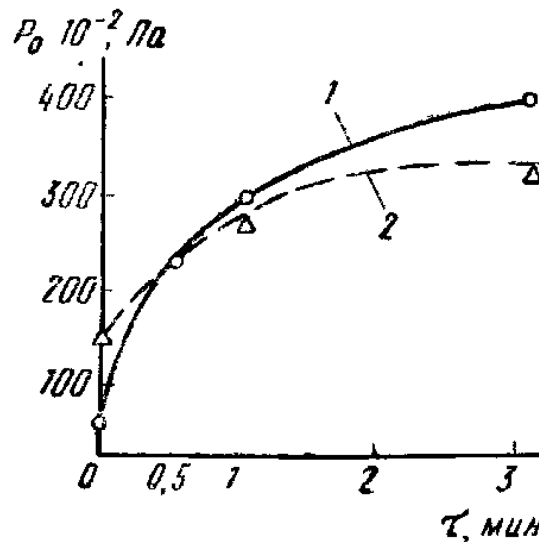


Рис.1.3. Залежність тиску відриву P_0 від тривалості контакту τ пшеничного невібродженого тіста з поверхнями заліза –2 та фторопласту –1

Досліди показали, що пружньо-пластичні характеристики – модуль зсуву і в'язкість тіста – в тісті, яке вистоялося 1.5-2 год, зі збільшенням вологості значно зменшуються і відповідно збільшується тиск відриву, чи липкість тіста. Однак зміна тиску відриву в залежності від вмісту води в тісті менш суттєво, ніж зміна пружньо-пластичних характеристик його об'єму. При зміні вологості тіста від 32 до 44% тиск відриву збільшується в 3 рази, тоді як модуль пружності зсуву зменшується майже на один, а в'язкість майже на два десятинних порядки. Зі збільшенням вологості тіста від 44 до 60% тиск відриву збільшується приблизно на 10%, тоді як модуль пружності зсуву та в'язкість знижуються на величину десятинного порядку.

При збільшенні вологості тіста від 32 до 44% його липкість збільшується. Дане явище пояснюється покращенням контакту та значним

збільшенням розчинності полімерів зерна. Наступне збільшення вологості до 60% не супроводжується підвищенням розчинності та набуханням полімерів зерна, і тому липкість тіста залишається майже постійною. Для тіста з вологістю 32% характерний адгезійний характер відриву, а для тіста з вологістю 44% і більше – когезійний.

Таким чином, абсолютні величини тиску відриву, що характеризують липкість тіста, знаходяться в зворотній залежності від пружньо-пластичних характеристик його об'єму.

Пружньо-пластичні характеристики тіста залежать від температури, яка впливає на властивості липкості. На рис.1.4. показано залежність тиску відриву пшеничного тіста від температури. вологість тіста – 44% з витримкою після бродіння 0 і 2.5 год

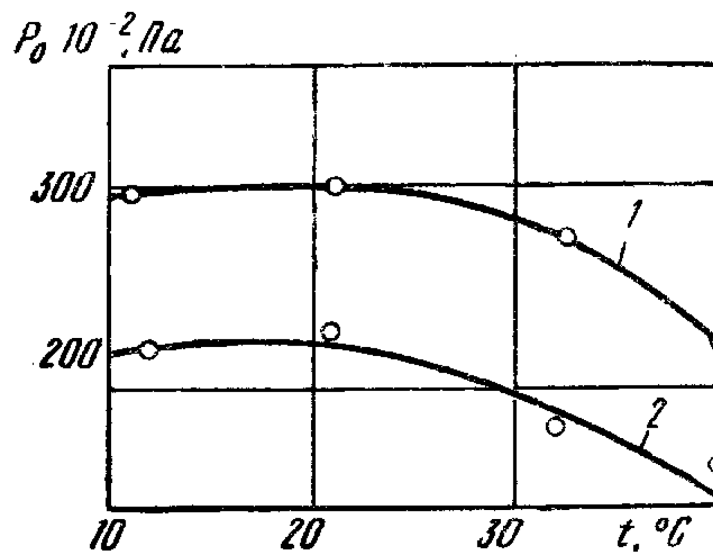


Рис. 1. 4. . Залежність тиску відриву P_0 від температури тіста 1 –вистояного 2.5 год, 2 – без вистоювання.

Залежності мають однаковий характер для тіста без вистоювання і з вистоюванням. Вистояне тісто має більший тиск відриву. В інтервалі

температури 10-20 °С тиск відриву досягає максимального значення; при подальшому збільшенні тиск відриву зменшується.

Отримані результати пояснюються відповідною залежністю пружньо-пластичних характеристик об'єму тіста від температури. В інтервалі температури 10-20 °С модуль пружності-еластичності зсуву і в'язкість тіста знижуються. При подальшому збільшенні температури еластичні властивості тіста знижуються, що видно по збільшенню модуля зсуву. Збільшення в'язкості тіста зі збільшенням його температури більше 40°С повинно знижувати липкість.

Ці зміни липкості тіста в інтервалі температур 10-40 °С пояснюються її впливом на структуру та форму молекул основних полімерів зерна – білків та крохмалю. При денатурації білків знижується еластичність їх структури, збільшується пружність і в'язкість. Збільшення в'язкості пояснюється також руйнуванням водородних зв'язків і збільшенням гідрофільності крохмальних молекул при прогріві тіста.

1.3 Дріжджове тісто як об'єкт екструдуювання

Пшеничне дріжджове тісто з борошна вищого гатунку є складною гетерогенною, колоїдно-дисперсною системою. З точки зору реології вибране пшеничне тісто характеризується як пружньо-в'язко-пластичний матеріал, з притаманним йому невеликим граничним напруженням зсуву та залежністю в'язкості від швидкості деформації.

Складові тіста можна об'єднати в три групи, що утворюють відповідні фази: тверду, рідку і газову. Вода представляє рідку фазу тіста. Вона може перебувати в тісті у вільному і зв'язаному станах, при цьому маючи різні форми зв'язку з іншими компонентами. Кількість води для замішування тіста визначається рецептурою виробів і коректується з урахуванням гідрофільних властивостей компонентів борошна. Вологість борошняного

тіста залежить від виду та сорту виробів, способів технологічної обробки і може бути досить значною.

Газова фаза дріжджового тіста створюється повітрям, що вноситься ще до початку замісу з борошном і з водою, а також під час замісу при його захоплюванні і утримуванні, так і за рахунок газоподібних продуктів (в основному вуглекислий газ), утворених в результаті бродіння.

Газоподібні продукти, що утворилися в тісті при бродінні, адсорбуються на поверхнях молекул гідрофільних полімерів, розчиняються у вільній воді, а їх надлишок в тісті призводить до утворення пухирців газу, стінки яких утворені поверхнево - активними речовинами.

Збільшення об'єму пор пов'язано з дифузією вуглекислого газу через стінки пор в напрямку від більшого надлишкового тиску, що характерно для пор малих розмірів, до меншого тиску, в результаті чого здійснюється його вирівнювання. Для того, щоб пора почала збільшуватися в розмірах різниця тисків всередині та ззовні пори повинна перевищувати руйнівні сили поверхневої напруги та сил в'язкості, тобто:

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R_c} + 4\eta \frac{R}{R_c} \quad (1.2)$$

де ΔP – різниця тисків всередині та ззовні пухирця, Па

σ – поверхнева напруга, Н/м

R_c – критичний радіус пухирця, м

$R=(dr/dt)$ – швидкість зміни пухирця, м/с.

Подальше збільшення кількості та об'єму газових пухирців та наявність в тісті сусідніх пор з різними розмірами і тиском газу призводить до зменшення товщини їх стінок, їх руйнування, злиття пор і видалення газу з поверхні тіста. Цей процес, руйнування і утворення нових пухирців, призводить до нерівномірного розподілу газових інкорпорацій в тісті та є причиною його реонестабільності.

На структурно-механічні властивості тіста значний вплив здійснює відносний вміст твердо-рідкої та газової фаз. Так, висока вологість тіста та збільшення кількості газової фази робить його структуру більш пористою, що супроводжується зниженням міцнісних характеристик і питомої ваги.

1.4.Закономірності процесу екструдювання

Кінцевою метою формування виробів екструзією є отримання напівфабрикатів або готових виробів, які мають найкращі якісні показники. При цьому має бути забезпечений безперервний процес і досягнута задана продуктивність. Як відомо, на процес екструзії впливають декілька факторів, таких як зусилля випресовування, вологість тіста, температура, розміри формуючого елемента екструдера - матриці. Змінюючи вказані фактори, можна визначити раціональні режими процесу.

1. Обґрунтування раціональних параметрів робочого тиску пресування

В більшості існуючих екструдерів вітчизняного виробництва, а також тістоподільників, нагнітання напівфабрикату в робочій камері відбувається шнеком або валками. Такий вплив на продукт є дуже інтенсивним і, враховуючи погіршення якостей вихідної сировини, призводить до погіршення якості готових виробів. З метою зменшення цього впливу пропонується здійснювати нагнітання тіста у формуючу головку екструдера поршнем, а саму величину робочого тиску необхідно розрахувати з метою оптимізації процесу екструзії.

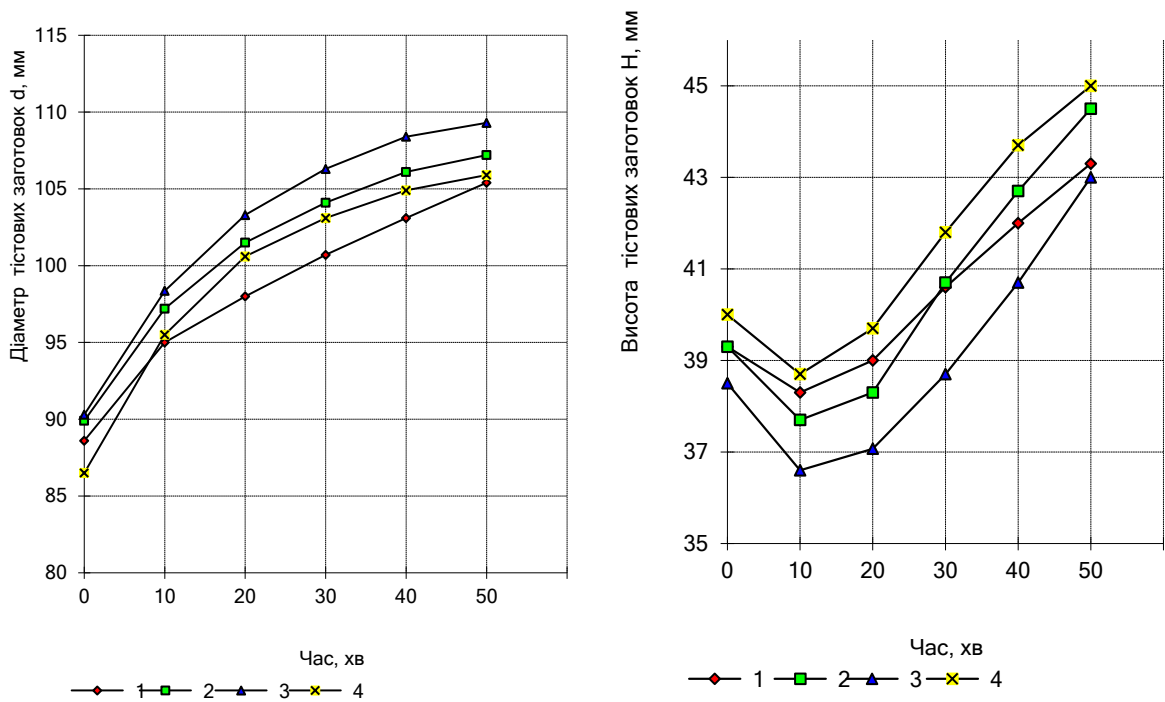
Відомо, що при перевищенні тиском деякого граничного значення відбувається небажана зміна структури тіста, погіршення його якостей. Проте механічна обробка сприяє на певній стадії поліпшенню структури пористості, впливає на колір м'якуша, сприяє підвищенню газоутворюючої та газотримуючої здатності тіста, тобто підвищує якість готового виробу. Для дослідження поведінки тіста при різних тисках у ВНДІХПі була створена

спеціальна установка і проведені дослідження. Установка являла собою циліндр із суцільним дном, всередині циліндра розміщували тісто, закривали його поршнем і стискали з допомогою гвинтового преса. Для випуску повітря, яке потрапило в циліндр разом з тістом, на боковій поверхні циліндра були вмонтовані пробки. Тиск в циліндрі вимірювали манометром, з'єднаним трубкою з тістовою камерою. Для дослідів брали тісто заводського приготування з борошна 1 гатунку, приготованого по рецептурі нарізного батону, вологість тіста складала 42 %, кислотність - 3° Н, а також по рецептурі батончиків до чаю при вологості 40.4 %, кислотності 3° Н. В рецептурі останнього тіста містилося цукру 10%, вершкового масла 8%.

Тісто стискали в описаній установці від 0.5 до $10 \cdot 10^5$ Па. Від опресованої маси відділяли три заготовки по 440 г, які потім округлювали, закатували, розстоювали і випікали. Паралельно проводили контрольні досліді без стиснення тіста.

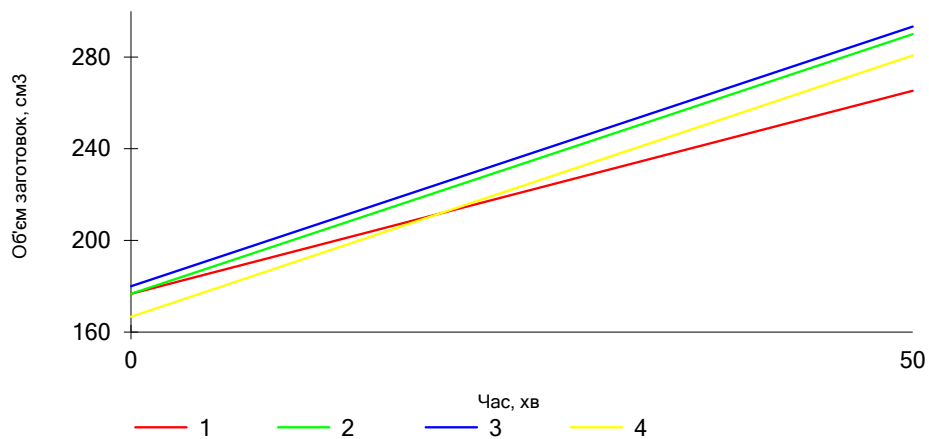
Цими дослідями було встановлено, що із збільшенням тиску на тісто у всіх випадках збільшувався об'єм хліба в середньому на 10%, покращувалася пористість [7].

На мал. 1.6 приведені криві залежності зміни діаметру і висоти тістових заготовок в процесі розстоювання



Мал. 1.6 Зміна діаметру і висоти тістових заготовок в процесі розстоювання після стискання до:

1 - $0.5 \cdot 10^5$ Па, 2- 10^5 Па, 3- $2 \cdot 10^5$ Па, 4- $5 \cdot 10^5$ Па



Мал. 1.7 Зміна об'єму заготовок в процесі розстоювання після стискання до:

1 - $0.5 \cdot 10^5$ Па, 2- 10^5 Па, 3- $2 \cdot 10^5$ Па, 4- $5 \cdot 10^5$ Па

З підвищенням тиску до $2 \cdot 10^5$ Па об'єм заготовок досягає максимального значення (мал. 1.7). При збільшенні тиску вище $2 \cdot 10^5$ Па об'єм зменшується так само, як і при зниженні тиску. Таким чином, було встановлено, що для тіста, приготованого за сучасною технологією,

стискання до $2 \cdot 10^5$ Па справляє позитивний вплив на розстоювання, сприяє укріпленню структури і газотримуючої здатності, про що свідчить максимальний об'єм і діаметр заготовок. При тиску $2 \cdot 10^5$ Па висота заготовок була мінімальною, а об'єм і діаметр близькі до максимального. Виходячи з цих дослідів, область раціональних параметрів робочого тиску обмежується $1 - 2 \cdot 10^5$ Па.

Однак при зниженні робочого тиску від $2 \cdot 10^5$ до $1 \cdot 10^5$ Па досягається краща комбінація показників якості тіста, знижуються витрати енергії, майже вдвічі зменшуються максимальні навантаження на всі рухомі елементи машини, значно підвищується довговічність і безвідмовність роботи обладнання. Слід відмітити, що і в закордонних машинах робочий тиск приймають в межах $(0.5 - 1.2) \cdot 10^5$ Па.

На жаль, отримані у ВНДІХПі дані не можна безпосередньо використовувати при розрахунках робочих параметрів процесу екструзії, так як планується екструдувати тісто з дещо іншим рецептурним складом, а значить, реологічними властивостями. Окрім цього, процес бродіння буде відбуватися під тиском, і вуглекислий газ буде розчинятися в тісті. Але наведеними вище даними можна користуватися орієнтовно, звуживши інтервал дослідження тиску до найбільш сприятливих значень.

Регулювання температурних параметрів

Відомо, що існує оптимальна температура бродіння опари і тіста, при якій діяльність дріжджових клітин є найкращою. Для її підтримання використовують різні пристрої (найчастіше водяні оболонки). Проте на вирішення питання про доцільність їх використання значно впливає вологість напівфабрикату.

Для густих тістових напівфабрикатів і тіста вологістю менше 50%, які знаходяться в місткостях і апаратах для бродіння, внаслідок їх високих теплоінерційних властивостей зміна температури всієї маси навіть на $2-3$ °

потребує значного часу, тобто малоефективна. Цим, зокрема, пояснюється мала ефективність застосування водяних оболонок на апаратах для бродіння густих тістових напівфабрикатів і тіста [6]. Так як вологість тіста для виробів буде заходитись в межах 40- 43 %, проблема підтримання необхідної температури напівфабрикату при бродінні тіста не є актуальною.

Проте передбачається використовувати екструдер як бродильно-формулюючий агрегат, і вплив температурних факторів саме на процес формування може бути значним. Так, були проведені дослідження щодо впливу геометричних параметрів матриці d_m , температури тіста t , швидкості формування v і вологості тіста w на коефіцієнт пружно-еластичного відновлення джгута соломки $K_{ж}$ та на їх основі отримане регресійне рівняння [5]:

$$K_{ж} = -53,84 + 1.86 \cdot v + 2.22 \cdot t + 1.98 \cdot d_m - 0.10 \cdot w$$

З нього випливає, що найбільший вплив на коефіцієнт пружно-еластичного відновлення джгута соломки має температура тіста. Тобто існує потреба регулювання температури саме на ділянці формування. Це можна здійснити шляхом використання електричних нагрівачів, встановлених на формулюючій частині екструдера.

1.5. Вплив температури на процес екструзії

При розробці високотемпературних режимів формування виходили з того, що короткочасний нагрів тіста при проходженні його через канали гарячої матриці можливий при більш високих температурах і призводить до зменшення площ для випікання виробів шляхом підігріву тіста у матриці екструдера. З метою збільшення продуктивності преса можливий короткочасний нагрів тіста до більших температур. Це можливо виконати на стадії формування шляхом нагріву матриці, оскільки в даному випадку навіть високі температури впливу на ущільнене тісто під час

швидкого проходження його крізь канали матриці, напевно не встигають ризвести до глибоких денатураційних змін його білка. Основною ціллю застосування режимів високотемпературного формування – збільшення продуктивності преса. Результати дослідів, приведені в вигляді графіків на мал. 1.8. показують про дворазове збільшення продуктивності лабораторного преса при температурі матриці 80°C у порівнянні з традиційним режимом (при температурі матриці 50°C). Подальше збільшення температури тягне за собою і подальше збільшення швидкості випресовування, проте при температурі матриці більше 120°C починає спостерігатися вздуття поверхні випресованих сирих виробів внаслідок значного перепаду температур виробів і повітря і різкого випаровування вологи з виробів. Проте треба відмітити, що при формуванні виробів через нагріту до температури $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ металеву матрицю без тефлонових вставок випресовуються вироби з абсолютно гладкою поверхнею. Це явище пов'язано з тим, що випарувана в формуючих виробках волога (при дотиканні з гарячою поверхнею матриці) створює між поверхнею виробів і формуючою щілиною матриці паровий прошарок, що запобігає прилипанню тістової поверхні виробів до поверхні щілини. При виникненні парового прошарку різко збільшується і швидкість пресування виробів. Монотонний характер її нарощування в інтервалі температур нагріву матриці від 50 до 100°C зв'язаний з збільшенням пластичності формуючого тіста. В силу короткочасного контакту тіста з поверхнею канала матриці до її температури нагрівається лише поверхневий шар формуючого виробу. Внутрішні шари нагріваються до температури не вище 60°C , при такій температурі заварювання тіста не виникає, а текучість його в умовах відсутності внутрішнього зміщення шарів в каналі матриці максимальна. Збільшення текучості тіста супроводжується не лише збільшенням швидкості пресування, але й зменшенням тиску пресування. При цьому треба мати на увазі, що лише при визначених значеннях тиску пресування, а саме не менше $5 - 6$ МПа можливо отримати

тісто, реологічні властивості якого забезпечують міцну структуру виробів, що формуються. Отримані залежності вказують, що при вологості тіста 32% з підвищенням температури матриці від 40 до 80°C продуктивність преса для даної матриці збільшується майже в 2 рази, а тиск зменшується на 37.5%

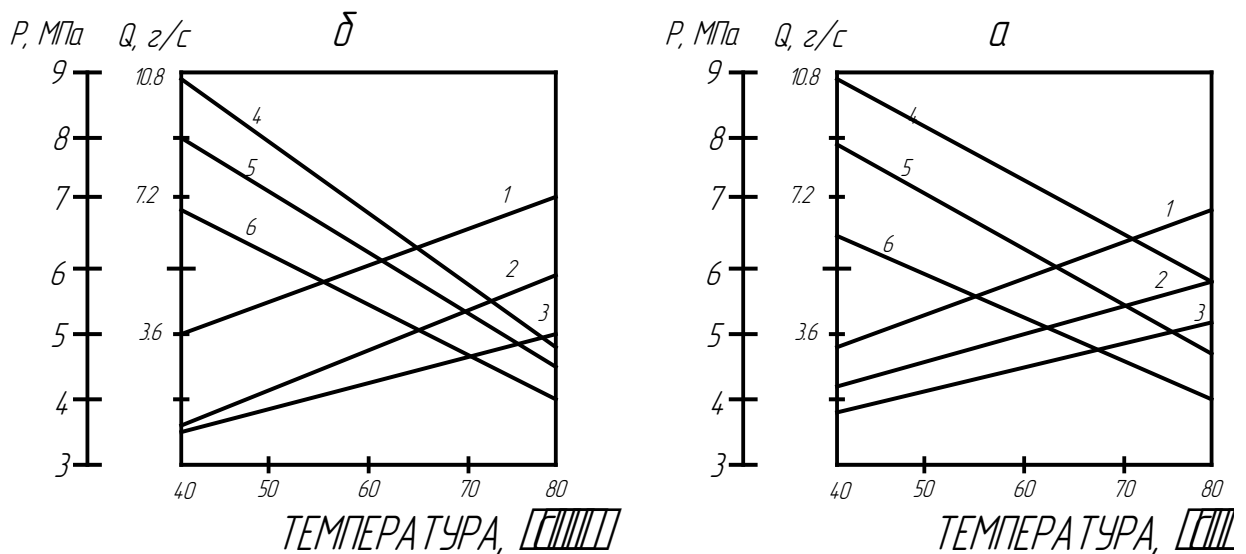


Рис 1.8. Залежність продуктивності лабораторного преса (1 – 3) і тиску пресування (4 – 6) від температури матриці та вмісту води в тісті (1.6 – 32%; 2.5 – 30.5%; 3.4 – 29%) із крупки *а* та напівкрупки *б*

Таким чином при високотемпературному режимі формування виробів варіювання температури нагріву матриці, вологості замішаного тіста ступеня охолодження шнекової камери можна досягти не лише збільшення продуктивності преса, але й змінювати в широких діапазонах тиск пресування і ступінь зниження вологості випресовуючихся сирих виробів. При цьому, як показали багаточисельні аналізи використання високотемпературних режимів формування виробів на лабораторному пресі та промислових пресах ЛПЛ – 2М середні отримані дані приросту

продуктивності преса при температурі матриць з нефлоновими вставками 70 – 80°C і тиском пресування 6 – 7 МПа склали (%): для виробів із крупки твердої пшениці 10, для виробів з напівкрупки твердої пшениці 20, для виробів з хлібопекарного борошна 25, для виробів з крупки з яченими добавками 15, для виробів з хлібопекарного борошна з яченими добавками 30.

На практиці найбільш раціонально використовувати в промисловості на пресах нагріті матриці з тефлованими вставками через низьку витрату енергії на їх нагрівання, а також через труднощі підтримувати температуру матриці на рівні 110 – 120 °С, коли випресована маса тіста безперервно відбирає від матриці значну частину теплоти. Проте такий режим формування можливо застосувати при роботі на міні – пресах.

Висновки

Отже, як видно з вище сказаного в теперішній час велику увагу приділяють виготовленню харчової продукції методом екструзії. Застосування екструзійної технології призводить до значного економічного ефекту, який досягається заміною одним екструдером цілого комплексу машин і механізмів, необхідних для виробництва харчових продуктів. Особливістю цього процесу є його універсальність щодо використання сировини і різноманітності кінцевих продуктів. Виробництво широкого спектру продуктів базується, перш за все, на конструктивних особливостях екструдерів, що дозволяє в широких межах змінювати інтенсивність та тривалість оброблення сировини і дає можливість одержувати готові продукти з різними властивостями та структурою. Крім того, підбір композицій різної сировини, зміна умов її оброблення сприяють значною мірою розширенню асортименту екструзійних харчових продуктів.

В країнах з розвинутою харчовою промисловістю на екструдерах виготовляється великий асортимент харчових продуктів і спостерігається тенденція до його збільшення.

В нашому випадку нам цікаво дослідити процес екструдювання вибродженого пшеничного тіста.

В теперішній час при розробці нових технологій і обладнання широко застосовуються можливості обчислювальної техніки. Розрахунки, проведені з використанням математичних моделей, забезпечують скорочення витрат часу і матеріальних ресурсів, які були б потрібні для проведення експериментів на фізичній моделі. Але при цьому результати математичних розрахунків для таких складних систем як дріжджове тісто можуть бути неточними, оскільки всі особливості реальних процесів, що відбуваються врахувати неможливо і тому результати таких розрахунків слід порівнювати з даними натурних дослідів і при необхідності вносити корективи до математичної моделі.

На жаль, реологічні характеристики, наведені в літературі, залежать від технологічних умов, і тому значно відрізняються у різних авторів. Окрім того, визначення чисельних значень характеристик потребує дослідів для кожного конкретного напівфабрикату, бо навіть незначна зміна рецептурного складу спроможна змінити їх значення у кілька разів.

Також відомо, що на процес екструдювання впливають структурно-механічні властивості екструдату (тіста), які в свою чергу в значній мірі залежать від температури. Досліди показали, що підігрів матриці при екструдюванні невибродженого тіста значно впливає на тиск випресовування, швидкість екструдювання та поверхню екструдату. А оскільки в сучасних ринкових умовах велику увагу приділяють якості готових виробів, зокрема якості поверхні, тому цікаво дослідити вплив температури матриці на якість поверхні готових виробів з вибродженого борошняного тіста.

Крім того розглянуто існуючі методи підігріву екструдату в зоні формування, з яких видно, що екструдат нагрівається за рахунок передачі

теплоти від матриці з підвищеною температурою. А оскільки тісто є провідником електричного струму, тому цікаво дослідити процес екструзії тіста з його електроконтактним нагрівом в зоні формування.

Виходячи з вище сказаного, задачею наукового дослідження даної роботи є визначення таких залежностей як швидкість випресовування, якість поверхні, від температури матриці та її довжини при екструзії пшеничного дріжджового вибродженого тіста певної рецептури та знаходження її оптимального значення за допомогою фізичного моделювання та зробити дослідженні ступеню прогріву тіста при нагрітій матриці та при електроконтактному нагріванні тіста.

Розділ 2 Методи та об'єкти досліджень

2.1 Об'єкт досліджень

Об'єктом дослідження стала екструзія тіста для готування сухарів пшеничних з пшеничного борошна вищого сорту й іншої сировини з підводом теплоти в зону формування. Рецептuru тіста для сухарів приведена нижче:

Рецептура готування сухарів

| Найменування сировини | Рецептура на 100 кг борошна |
|--|-----------------------------|
| Борошно пшеничне хлібопекарські вищого гатунку, кг | 100,0 |
| Дріжджі хлібопекарські пресовані, кг | 4,0 |
| Сіль поварена харчова, кг | 1,4 |
| Маргарин зі вмістом жиру 82% | 5,0 |
| Сахарин-пісок, кг | 8,0 |
| Разом: | 115,3 |
| Вода, л | 65 |

Також, з метою порівняння властивостей вибродженого дріжджового тіста та без дріжджового під час процесу екструзії, використовувалося тісто вище сказаної рецептури, але без дріжджів.

Примітка: сіль і цукор даються в розчиненому вигляді, маргарин попередньо розтоплюється. Щільність сольового розчину – $\rho = 1200 \text{ кг/м}^3$. Цукровий розчин – $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$, $t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$.

Тісто, вологістю 44%, для сухарів пшеничних готувалося безопарним способом на пресованих дріжджах, тривалість бродіння 60 хвилин при температурі 32-33 $^\circ\text{C}$, далі воно нагніталось в камеру для бродіння. Після чого екструзією формували тістові джгути і подавали на випічку. У роботі використовувалися стандартні методики визначення вологості, пористості і кислотності сировини, напівфабрикатів і готової продукції.

Експериментальне дослідження процесу нагріву тіста в зоні екструзії відбувалось на дослідній установці, яка має матрицю з регульованим підводом теплоти до тіста як безпосередньо від стінки матриці так і за рахунок електроконтактного нагріву.

Вимір температури матриці під час процесу екструзії здійснюємо мідь-константановою термопарою, розташованою на стінці матриці. Регулювання температури матриці відбувається шляхом зміни напруги за допомогою автотрансформатора, який також використовується для зміни напруги при електроконтактному нагріванні.

Для вимірювання температури тіста по радіусу джгута тіста використовуються 5 мідь-константанових термопар розташованих при виході з матриці від центру до стінки з кроком 3 мм. Ці температури реєструвалися на самописному потенціометрі.

Регулювання тиску відбувалося за допомогою компресора, який автоматичним підтриманням заданого тиску.

Продуктивність екструдера визначаємо шляхом визначення маси джгута тіста випрасуваного за певний період часу.

2.2 Експериментальна установка для формування тістових джгутів методом екструзії. Методика проведення експериментів.

Формування тістового джгута відбувалося на дослідному екструдері з пневматичним нагнітачем, в якому екструдування відбувається стисненим повітрям. Вибір екструдера обумовлений тим, що він дає змогу проводити процес вистоювання тіста під тиском безпосередньо в екструдері, крім того вплив на екструдат не є інтенсивним і тому його доцільно використовувати для ніжних мас, яким і є тісто виготовлене з пшеничного борошна.

Схема дослідної установки зображена на рис.2.1.

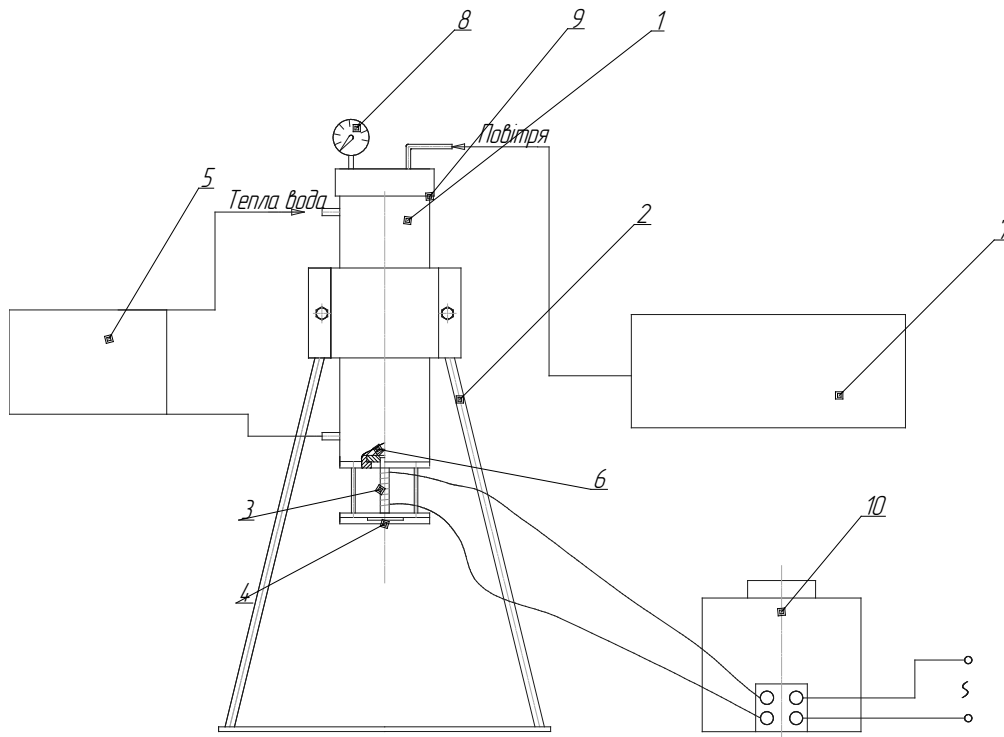


Рис.2.1. Схема експериментальної установки.

Дослідна установка (екструдер) складається з корпусу з пневматичним нагнітачем 1, який закріплений на станині 2, матриці 3, ножа 4. Для підтримання постійної температури тіста корпус має водяну сорочку. Температура води регулюється та підтримується за допомогою ультратеростату 5. Тісто випресовується під дією стисненого повітря на поршень 6. Повітря подається компресором 7, що автоматично підтримує заданий тиск, який відображається на манометрах 8, що розташовані на кришці екструдера 9.

Формуючим елементом 3 є дві матриці. Матриця, яка зображена на рис. 2.2. призначена для підігріву тіста за рахунок теплопередачі від її стінки до тіста. Дана матриця використовувалась для визначення впливу тиску

екструзії, температури матриці та її довжини на якість поверхні готових виробів та продуктивність екструдера при виробництві джгутів невеликого діаметру (до 12 мм) з метою виготовлення сухарних шпал які можуть нарізатися після висушування.

Оскільки при проведенні дослідів передбачено нагрівання матриці, то для визначення її температури на поверхні матриці встановлено термопару. Нагрів матриці відбувається за допомогою спіралі 4, яка обмотана навколо матриці. Регулювання температури відбувається за рахунок збільшення або зменшення напруги її обмотки за допомогою реостату 10. При цьому напруга контролюється вольтметром.

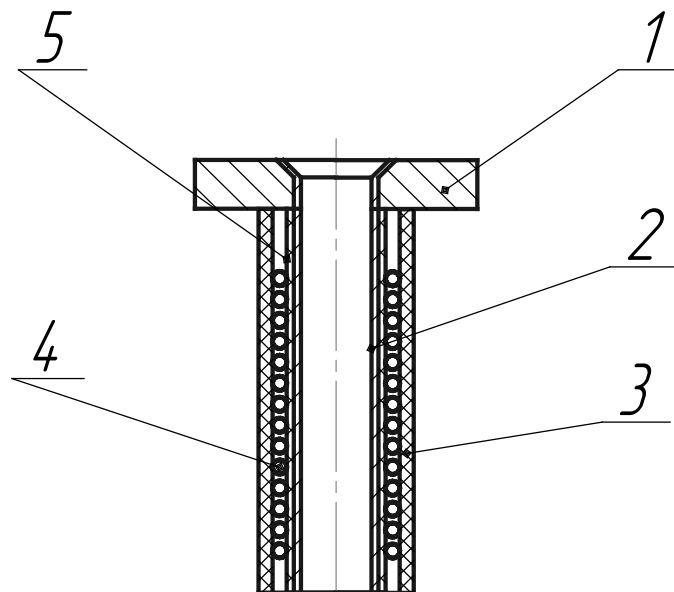


Рис. 2.2. Ескіз матриці

Матриця являє собою мідну трубку 2 з внутрішнім діаметром 12мм та довжиною 130 мм встановлену в тримач 1. Зовнішня поверхня трубки оброблена шаром електроізоляції 5 та обмотана ніхромовим провідником 4, який також знаходиться в ізоляції. Провідник 4 захищений від навколишнього середовища тепло- та електроізолятором 3 з метою зменшення витрат тепла в повітря та запобігання враженню електричним струмом.

Інша матриця призначена для визначення впливу температури матриці на продуктивність екструдера та побудови температурного поля джгута тіста при зовнішньому та електроконтактному нагріванні тіста. Ескіз даної матриці зображений на рис 2.3.

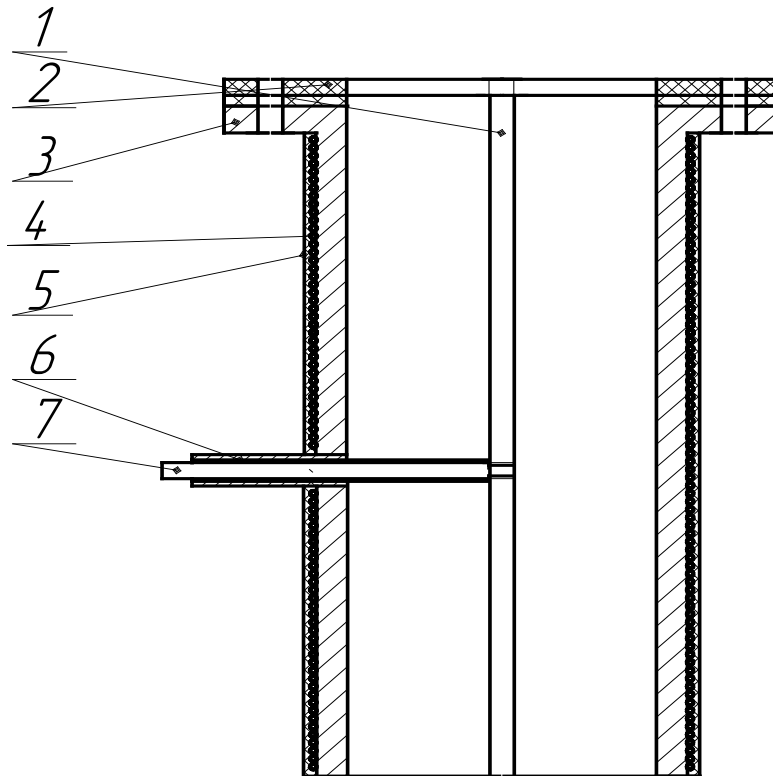


Рис.2.3 Ескіз матриці

Матриця являє собою латунний циліндричний корпус 3 в якому встановлені тримачі 2 електрода 1, електрод 1 до якого підходить напруга через провідник 7, який знаходиться в ізоляції 6. Діаметр формуючого отвору 30 мм. Корпус матриці обмотаний ізольованим провідником 4, який слугує для зовнішнього нагріву матриці. Провідник 4 захищений від навколишнього середовища тепло- та електроізолятором 5 з метою зменшення витрат тепла в повітря та запобігання враженню електричним струмом.

Для визначення температурного поля джгута тіста по його радіусу при виході з матриці встановлено 5 мідь-константанових термопар, які

розташовані від центру матриці до стінки на відстані 3 мм одна від одної. Результати виміру температур відображаються на потенціометрі.

Тісто після замісу та попереднього вистоювання завантажується в екструдер де під тиском, що створюється компресором, відбувається процес його вистоювання протягом 20 хв. Після чого відкривається ніж і починається процес формування тістових джгутів довжиною 15 см. через підігріту матрицю. Формування джгутів відбувається за допомогою ножа.

Під час формування тиск підтримується сталим. Вимірюємо час екструдувannya джгутів та визначаємо їх масу. Робимо заміри їх діаметрів. Зформовані тістові джгути встановлюються в піч де відбувається їх випічка та висушування при температурі 130°C. Після чого робиться аналіз якості висушених шпал.

Під час проведення дослідів змінювалися такі параметри як температура матриці, тиск екструдувannya, напруга при електроконтактному нагріванні та довжина формуючого каналу.

В процесі проведення дослідів робились виміри часу екструдувannya, температури матриці, температури тіста, діаметрів джгутів та їх маса, а також якість джгутів після випікання.

Розділ 3. Дослідження процесу теплої екструзії дріжджового тіста

3.1 Вплив температури матриці на прогрів тістової заготовки та продуктивність екструдера.

Досліди були проведені з використанням матриці, яка зображена на рис. 2.3. Залежність впливу температури матриці на продуктивність екструдера проводились при сталій початковій температурі тіста, що становила 30°C та при сталому тиску 0,2 МПа. Результати проведених дослідів по впливу температури поверхні матриці, яка регулювалась за допомогою електро-трансформатора і становила 20 °С, 30 °С, 40 °С, 60 °С та 80°C представлені в таблиці 3.1. та на рис. 3.1. та 3.2.

Таблиця 3.1

Залежність продуктивності екструдера від температури матриці

| Тиск нагнітання, МПа | Температура матриці, °С | Продуктивність екструдера, г/с | Зміна продуктивності екструдера, % |
|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--|
| 0,2 | 20 | 12,5 | 0 |
| 0,2 | 30 | 15 | 16,7 |
| 0,2 | 40 | 18 | 30,6 |
| 0,2 | 60 | 20 | 43,2 |
| 0,2 | 80 | 29,5 | 57,6 |

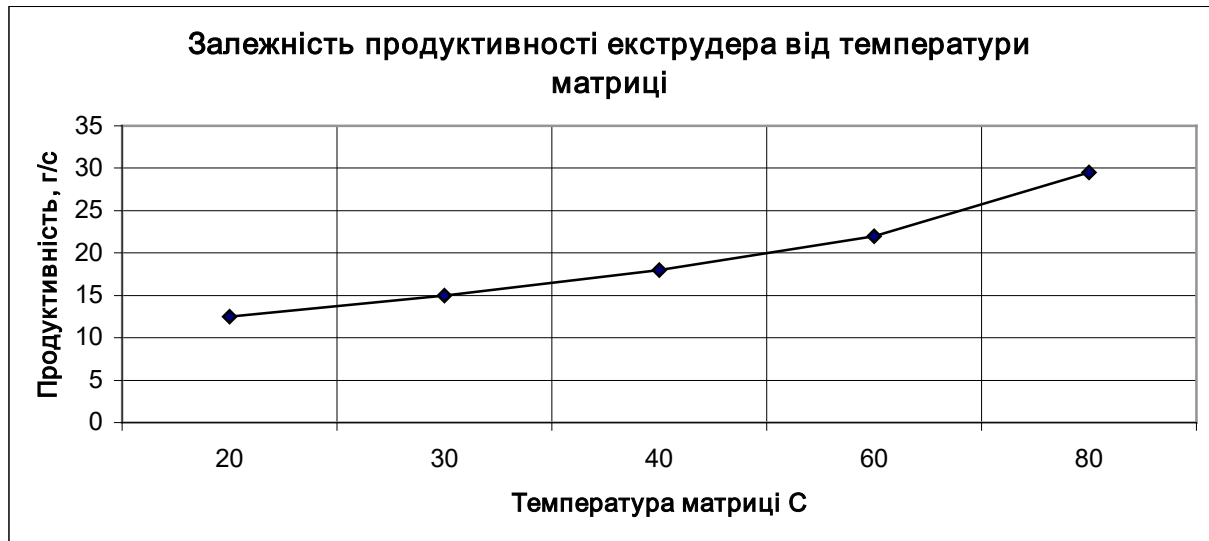


Рис. 3.1. Вплив температури матриці на продуктивність екструдера.

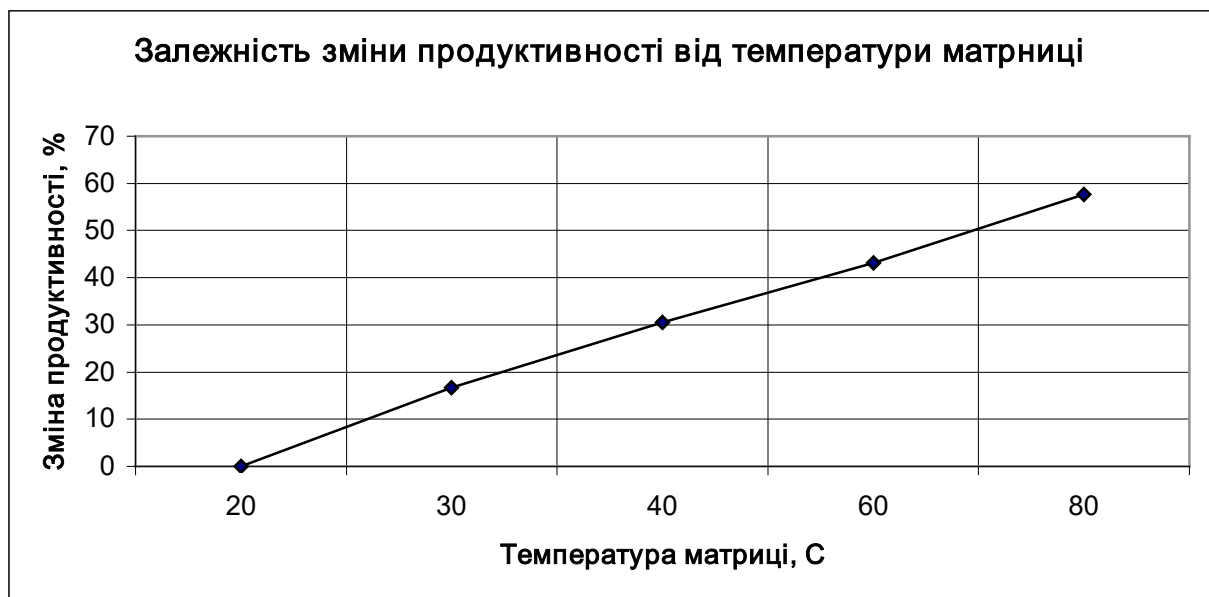


Рис. 3.2. Зміна продуктивності екструдера від температури матриці.

Отже, підвищення температури матриці, як видно з рис.3.1. та рис.3.2 призводить до прямолінійного підвищення продуктивності екструдера. За температури матриці 80 °С продуктивність екструдера зростає на 58%.

Температурне поле тіста, що виходить з формувального каналу матриці побудовані за рахунок 5 термопар, що рівномірно розташовані від центру формувального отвору до стінки матриці для вимірювання зміни температур по радіусу джгута тіста. Для вимірювання початкової температури тіста на початку матриці одна термопара встановлена. Початкова температура тіста – 30°C, тиск нагнітання становив 0,2 МПа. Дослідження проводились при температурах поверхні матриці 40°C, 60°C та 80°C яка регулювалась електро-трансформатором. Результати дослідів наведені в таблиці 3.2. та на рис. 3.3. та 3.4.

Таблиця 3.2.

Температурне поле тіста при виході з формувального отвору матриці

| Температура стінки матриці, °C | t ₁ , °C (центр заготовки) | t ₂ , °C | t ₃ , °C | t ₄ , °C | t ₅ °C (стінка матриці) |
|--------------------------------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|
| 40,0 | 30,0 | 30,0 | 30,0 | 31,0 | 32,5 |
| 60,0 | 30,0 | 32,0 | 36,0 | 42,0 | 50,0 |
| 80,0 | 30,0 | 35,0 | 42,0 | 50,0 | 63,0 |

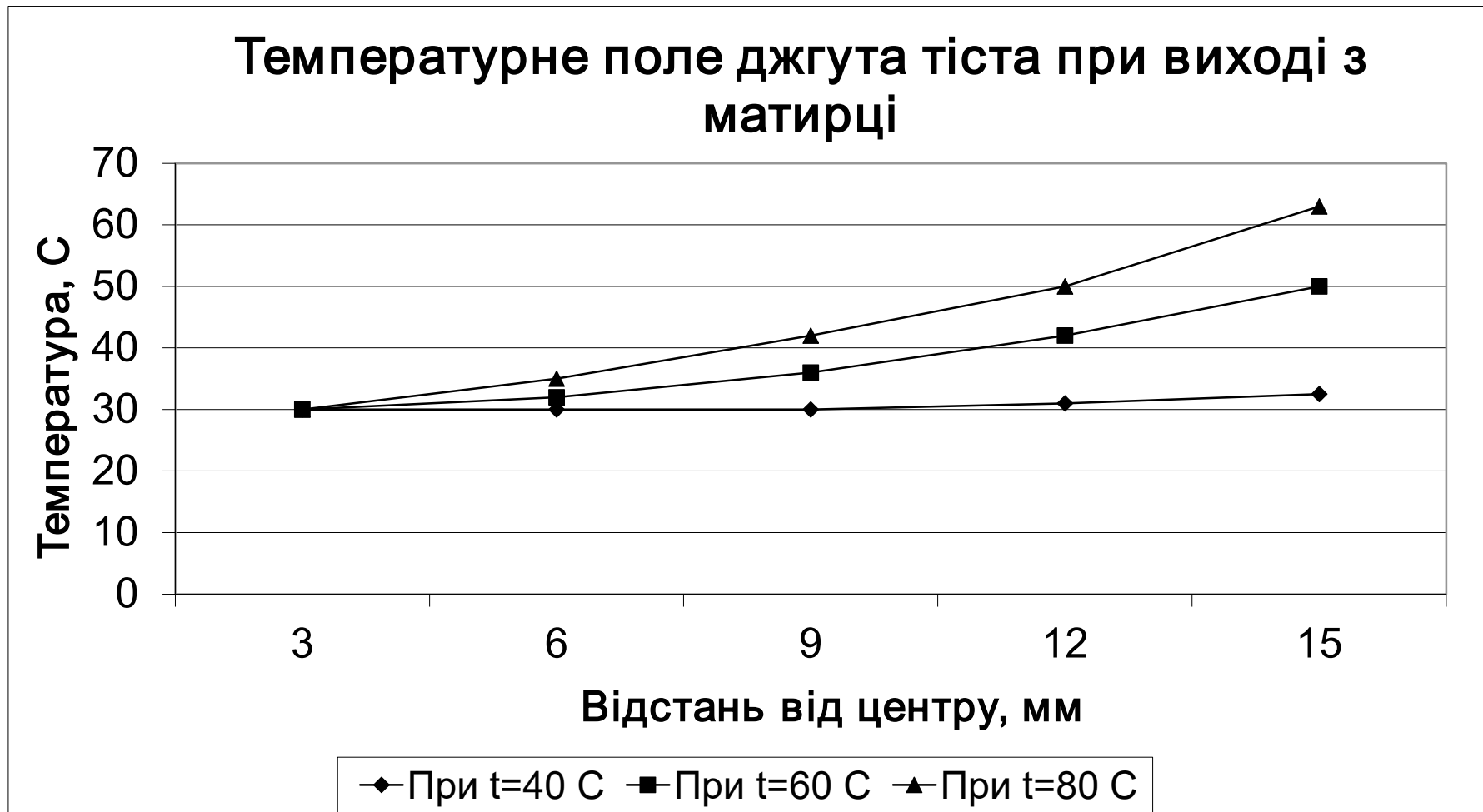


Рис. 3.3. Температурне поле тіста при виході з формувального отвору матриці

На рис.3.3. наведені температурні поля тіста при різних температурах матриці. Встановлено, що за рахунок низької теплопровідності та короткої тривалості процесу, центральні шари тіста не встигають прогрітись навіть при температурах стінки матриці 80 С. Підвищення температури матриці супроводжується покращенням якості поверхні виробів.

3.2 Вплив напруги на ступінь прогріву тістової заготовки при електроконтактному нагріванні

Визначено зміну температурного поля заготовки в залежності від потужності, що подається та діаметра тістової заготовки. При цьому швидкість руху тіста приймаємо $v=0,01\text{м/с}$, діапазон зміни напруги 20, 25 та 30В, довжину формувального отвору матриці $h = 0,13\text{м}$. тоді тривалість перебування тіста в каналі матриці - 13с. Питомий опір тіста становить $\rho=15,15\text{ Ом м}$. Тоді кількість теплоти, що утворилася при проходженні електричного струму через тісто ми можемо розрахувати в залежності від площі через яку передається електрична енергія. Дана площа змінюється від електрода до корпусу матриці. Оскільки формувальні отвори, в переважній більшості мають, круглий переїз то нами прийнято діаметр матриці 30мм, а електрода 6 мм, оскільки значне зниження даного значення призведе до високих концентрацій навантажень. Прийняті значення дозволяють знайти площі передачі електричної енергії.

При проходженні струму через тісто виділяється кількість теплоти:

$$Q_e = I^2 \cdot R \cdot \tau \text{ Дж}$$

де R – опір тіста, Ом;

I – сила струму, А

τ – тривалість процесу, с. Приймаємо $\tau=13\text{с}$.

Визначаємо опір тіста, що залежить від діаметра зони вимірювання. З цією метою розбиваємо внутрішній об'єм тіста на умовні циліндри з рівною товщиною $L=0,5\text{мм}$. При цьому буде змінюватись площа передачі енергії в залежності від їх діаметра.

$$R(d) = \rho_e \cdot \frac{L}{S(d)}$$

де L – товщина стінки циліндрів (різниця радіусів шарів тіста в матриці), м.

Приймаємо $L=0,001\text{м}$

$S(d)$ – площа передачі енергії, яка залежить від діаметра циліндрів d , м^2

$$S(d) = \pi \cdot \frac{d}{2} \cdot h$$

Знаходимо повний опір тіста сумуючи значення опорів.

$$R=63,5 \text{ Ом}$$

Знаходимо сили струму за значень напруг: $U=20\text{В}$, $U=25\text{В}$, $U=30\text{В}$:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{20}{63.53} = 0.3148 \text{ А}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{25}{63.53} = 0.3935 \text{ А}$$

$$I = \frac{U}{R} = \frac{30}{63.53} = 0.4722 \text{ А}$$

Отримані значення зміни опору та площі записані в таблиці 1.

Кількість теплоти, яку отримало тісто при проходженні електричного струму:

$$Q_t(d) = c \cdot m(d) \cdot \Delta t \text{ Дж};$$

де $c=3,19$ кДж/кг $^{\circ}$ С – теплоємність тіста

$m(d)$ – маса тіста в матриці по діаметру заготовки, кг

Δt – різниця температур, $^{\circ}$ С

$$m(d) = \frac{\pi \cdot (d_6^2 - d^2)}{4} \cdot h \cdot \rho$$

де d – внутрішній діаметр шару тіста, м

$d_6 = d + 0.001$ – зовнішній діаметр шару тіста, м

ρ – густина тіста в матриці. Приймаємо $\rho = 1000$ кг/м 3

При проходженні струму через тісто виділяється кількість теплоти:

$$Q_t = Q$$

Тоді зміна температури в залежності від діаметру буде дорівнювати:

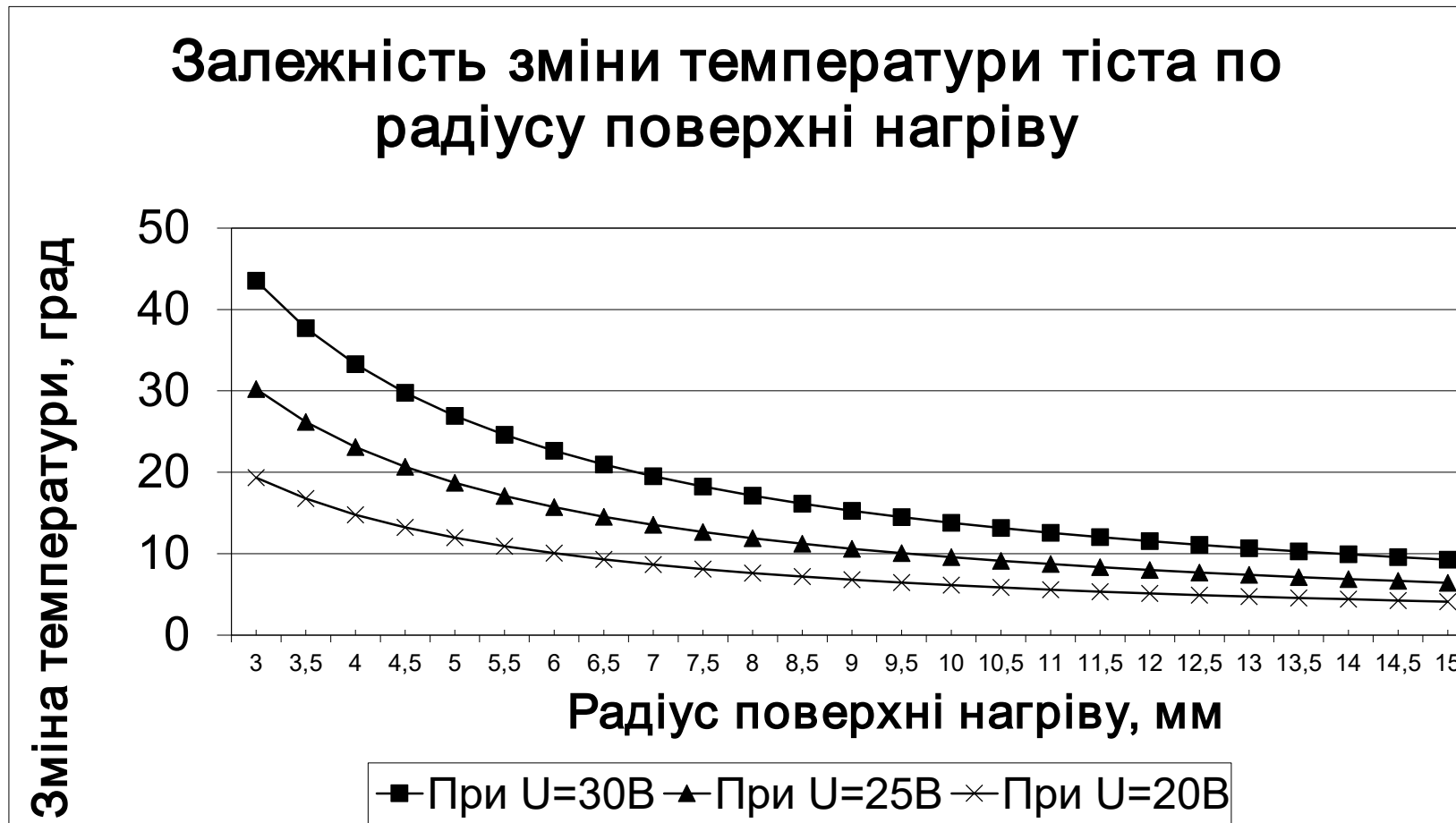
$$t(d) = \frac{Q}{c \cdot m(d)}$$

Отримані результати представлено на графіку Рис. 3.4, в таблиці 3.3

Таблиця 3.3. Зміна температури тіста в формувальному каналі матриці з електроконтактним нагрівом.

| Радіус шару тіста, м | Площа через яку відбувається передача енергії, м ² | Опір відповідного шару тіста, Ом | Маса відповідного шару тіста, кг | Зміна температури шару тіста при напрузі U=30В t, °C | Зміна температури шару тіста при напрузі U=25В t, °C | Зміна температури шару тіста при напрузі U=20В t, °C |
|----------------------|---|----------------------------------|----------------------------------|--|--|--|
| 3 | 0,0013 | 6,19 | 0,0013 | 43,52 | 30,22 | 19,35 |
| 3,5 | 0,0014 | 5,30 | 0,0015 | 37,71 | 26,19 | 16,77 |
| 4 | 0,0016 | 4,64 | 0,0017 | 33,28 | 23,11 | 14,80 |
| 4,5 | 0,0018 | 4,12 | 0,0019 | 29,77 | 20,68 | 13,24 |
| 5 | 0,0020 | 3,71 | 0,0021 | 26,94 | 18,71 | 11,98 |
| 5,5 | 0,0022 | 3,37 | 0,0024 | 24,60 | 17,08 | 10,94 |
| 6 | 0,0024 | 3,09 | 0,0026 | 22,63 | 15,72 | 10,06 |
| 6,5 | 0,0027 | 2,85 | 0,0028 | 20,95 | 14,55 | 9,32 |
| 7 | 0,0029 | 2,65 | 0,0030 | 19,51 | 13,55 | 8,68 |
| 7,5 | 0,0031 | 2,47 | 0,0032 | 18,25 | 12,67 | 8,12 |
| 8 | 0,0033 | 2,32 | 0,0034 | 17,14 | 11,91 | 7,62 |
| 8,5 | 0,0035 | 2,18 | 0,0036 | 16,16 | 11,23 | 7,19 |
| 9 | 0,0037 | 2,06 | 0,0038 | 15,29 | 10,62 | 6,80 |
| 9,5 | 0,0039 | 1,95 | 0,0040 | 14,51 | 10,07 | 6,45 |
| 10 | 0,0041 | 1,86 | 0,0042 | 13,80 | 9,58 | 6,14 |
| 10,5 | 0,0043 | 1,77 | 0,0044 | 13,16 | 9,14 | 5,85 |
| 11 | 0,0045 | 1,69 | 0,0046 | 12,57 | 8,73 | 5,59 |
| 11,5 | 0,0047 | 1,61 | 0,0048 | 12,04 | 8,36 | 5,35 |
| 12 | 0,0049 | 1,55 | 0,0050 | 11,55 | 8,02 | 5,13 |
| 12,5 | 0,0051 | 1,48 | 0,0052 | 11,09 | 7,70 | 4,93 |
| 13 | 0,0053 | 1,43 | 0,0054 | 10,67 | 7,41 | 4,75 |
| 13,5 | 0,0055 | 1,37 | 0,0056 | 10,29 | 7,14 | 4,57 |
| 14 | 0,0057 | 1,33 | 0,0058 | 9,92 | 6,89 | 4,41 |
| 14,5 | 0,0059 | 1,28 | 0,0060 | 9,59 | 6,66 | 4,26 |
| 15 | 0,0061 | 1,24 | 0,0062 | 9,27 | 6,44 | 4,12 |

Рис3.4. Зміна температури тіста по радіусу поверхні нагріву при різних напругах живлення.



Аналіз отриманих даних свідчить, що внаслідок зміни площі передачі енергії, яка біля електрода найменша призводить до того, що рівна кількість теплоти передається меншій масі тіста і тому температура біля електроду значно більша ніж біля стінок матриці. Отже при формуванні заготовок через великий формувальний отвір для вирівнювання температури тіста доцільно електроконтактний нагрів поєднати з зовнішнім. Підвищення напруги більше 25 В не рекомендовано, оскільки воно супроводжується підвищенням температури тіста біля електроду більше 60°C, що призведе до підгорання тіста біля електроду.

Отже, аналіз отриманих даних свідчить, що для того щоб нагріти об'єм екструдату до більш високої температури та запобігти підгорання даний спосіб доцільно використовувати при мінімальній різниці радіусів стержня та матриці. Це дозволить досягти більш рівномірного розподілу температур. Тобто даний метод доцільно використовувати для виробів циліндричної форми з невеликою товщиною стінки або для виготовлення виробів методом соекструзії для нагрівання даним методом зовнішній шар.

3.3 Вплив температури тіста на процес та швидкість екструзії

Для визначення даної залежності досліди проводились з бездріжджовим та дріжджовим вибродженим тістом, яке готувалося за однаковою рецептурою та нагрівалося до температури 27 – 45°C. Процес екструзії проводився при однаковому тиску – 0,2 МПа. При дослідженні вимірювались діаметр джгута, його маса, час за який випресувався тістовий джгут довжиною 150 мм.

Для встановлення впливу температури тіста на якість виробу визначався коефіцієнт розширення джгута:

$$K = \frac{d}{D}$$

де D – формуючий діаметр матриці, мм

d – діаметр випресованого джгута, мм,

Продуктивність екструдера:

$$P = \frac{m}{\tau}$$

де m – маса сформованого джгута тіста, г

τ -- тривалість процесу екструзії, с

Результати проведених досліджень для без дріжджового тіста представлені в таблиці 3.4, для вибродженого дріжджового тіста в таблиці 3.5, а також на рис. 3.5, рис.3.6. та рис.3.7. рис. 3.8. відповідно.

Таблиця 3.4

Параметри процесу екструзії від температури без дріжджового тіста

| Температура тіста, °С | Діаметр джгута тіста, мм | Маса джгута тіста, г | Тривалість процесу екструзії, с | Коефіцієнт розширення джгута тіста, % | Швидкість екструзії м/с | Продуктивність екструдера, кг/с |
|-----------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 27 | 15,1 | 30,0 | 123 | 137 | 0,00122 | 0,00024 |
| 30 | 16 | 33,7 | 107 | 145 | 0,00140 | 0,00031 |
| 33 | 16,5 | 31,0 | 72 | 150 | 0,00208 | 0,00043 |
| 36 | 15,9 | 30,0 | 55 | 145 | 0,00273 | 0,00055 |
| 39 | 14 | 32,0 | 41 | 127 | 0,00366 | 0,00078 |
| 42 | 16 | 36,0 | 30 | 145 | 0,005 | 0,0012 |
| 45 | 16 | 34,2 | 28 | 145 | 0,00536 | 0,00122 |

Таблиця 3.5

Параметри процесу екструзії від температури вибродженого дріжджового тіста

| Температура тіста, °С | Діаметр джгута тіста, мм | Маса джгута тіста, кг | Тривалість процесу екструзії, с | Коефіцієнт розширення джута тіста, % | Швидкість екструзії м/с | Подуктивність екструдера, кг/с |
|-----------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 27 | 22,5 | 0,0359 | 70 | 205 | 0,00214 | 0,00051 |
| 30 | 20,0 | 0,0319 | 55 | 180 | 0,00273 | 0,00058 |
| 33 | 16,0 | 0,0245 | 29 | 145 | 0,00517 | 0,00084 |
| 36 | 18,0 | 0,028 | 20 | 164 | 0,00750 | 0,00140 |
| 39 | 20,0 | 0,034 | 17 | 180 | 0,0088 | 0,002 |
| 42 | 21,0 | 0,040 | 20 | 200 | 0,0075 | 0,002 |
| 45 | 20,0 | 0,029 | 20 | 180 | 0,0075 | 0,00145 |

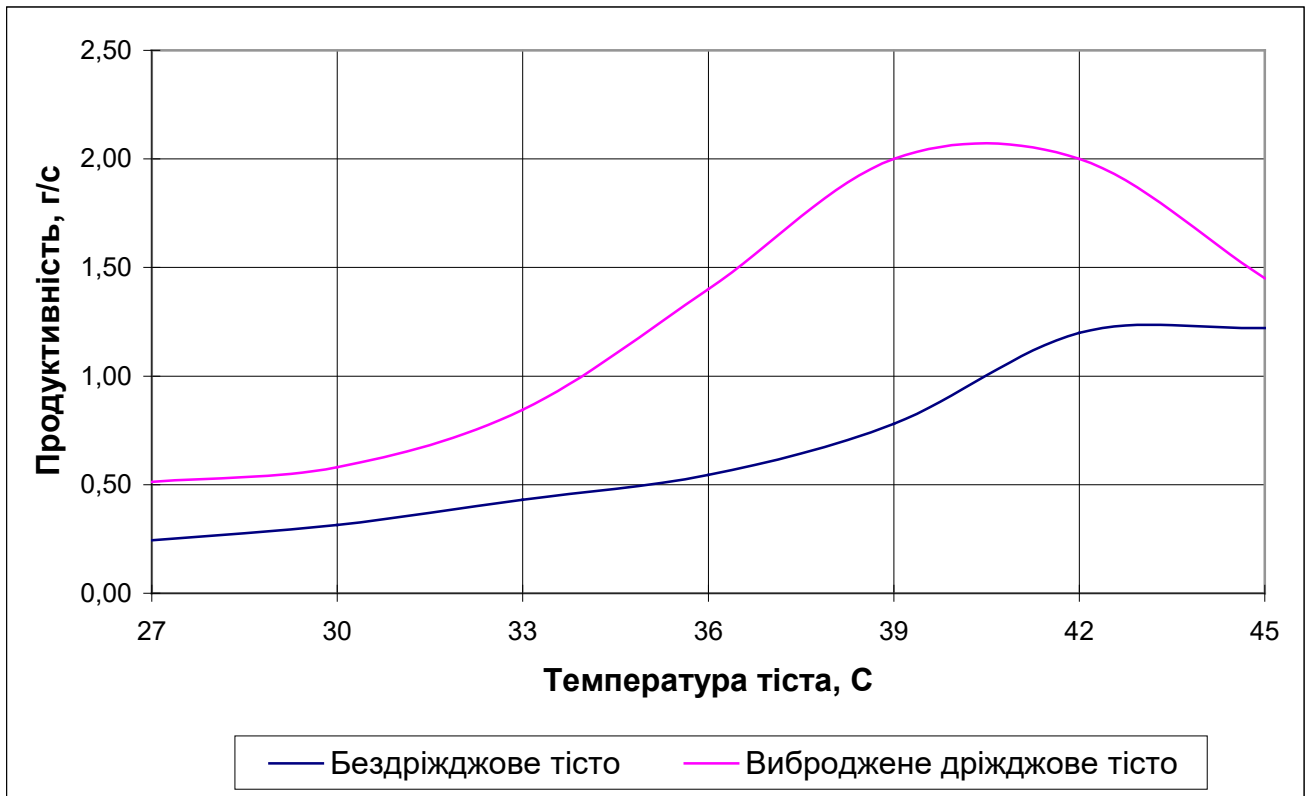


Рис. 3.5. Зміна продуктивності екструдера від температури тіста

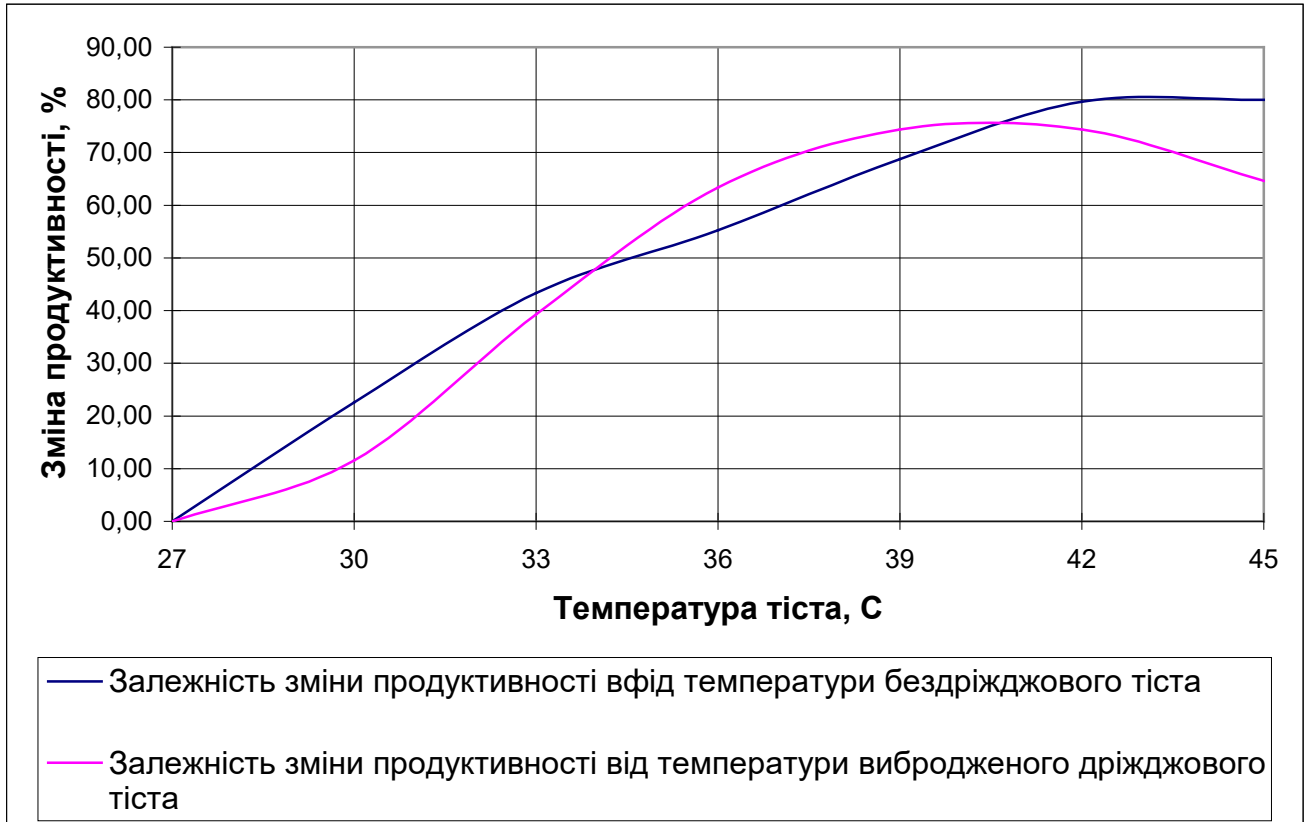


Рис. 3.6. Зміна продуктивності екструдера від температури тіста

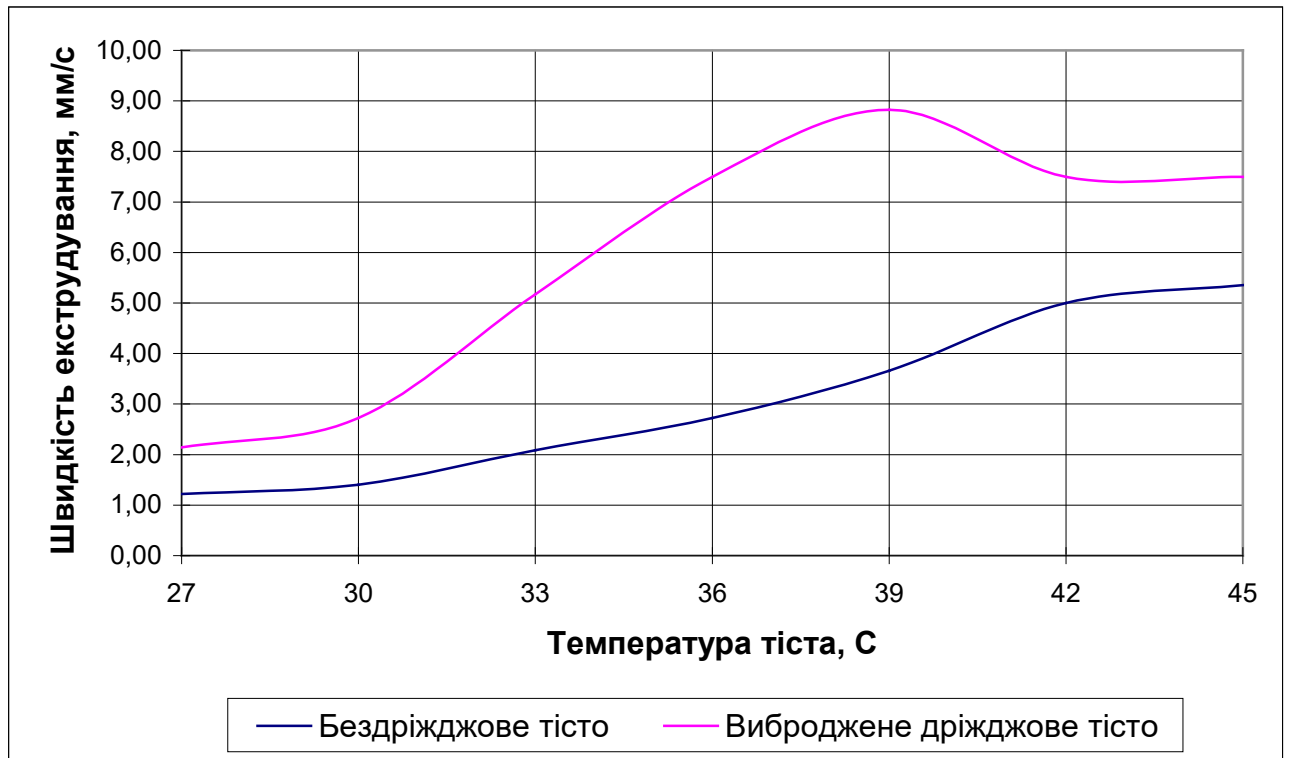


Рис. 3.7. Зміна швидкості екструдювання від температури тіста

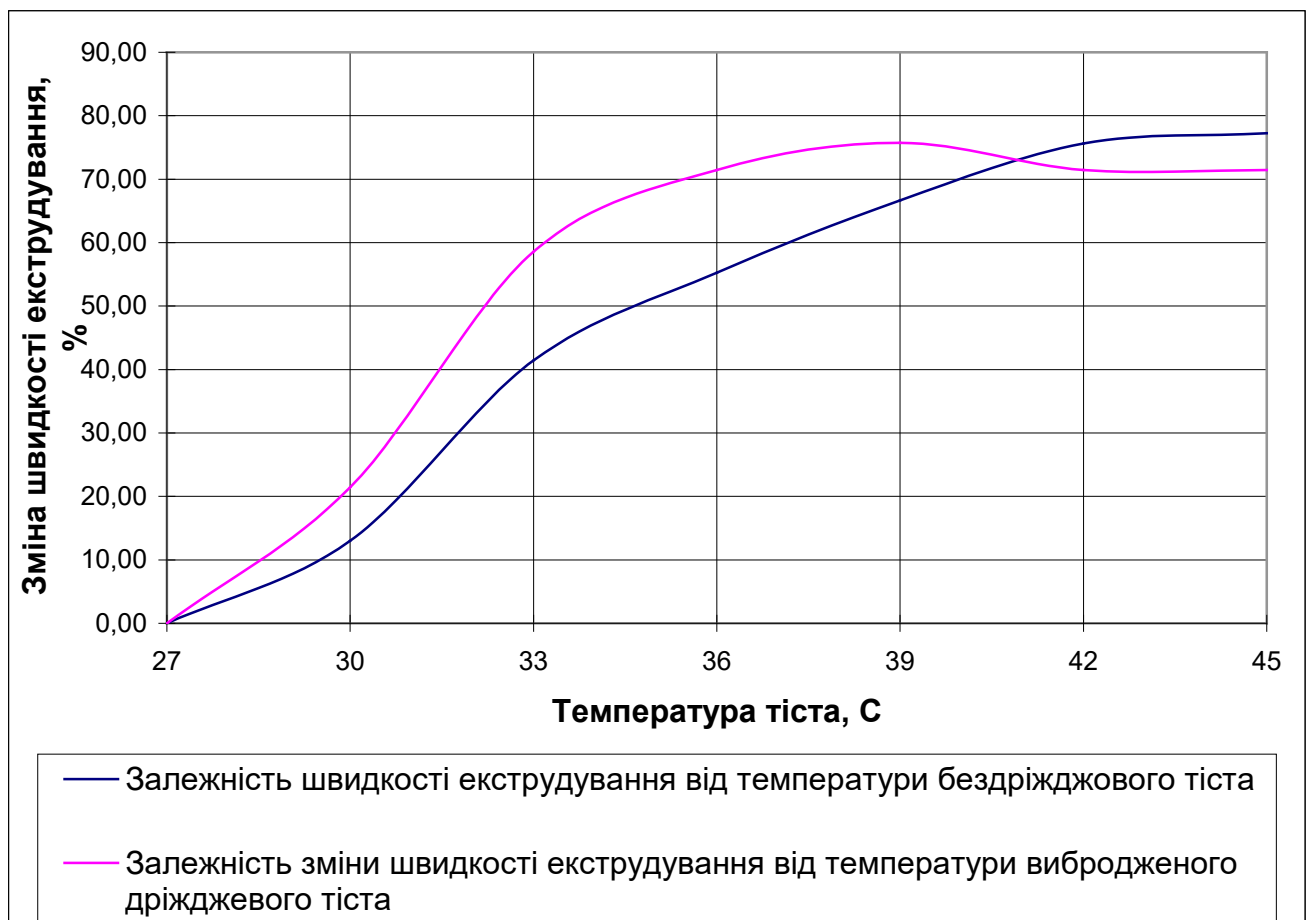


Рис. 3.8. Зміна зміни швидкості екструдювання від температури тіста

Отже, температура тіста має значний вплив на процес екструзії. При значеннях температури дріжджового тіста 39-42°C продуктивність екструдера збільшується майже на 75% та для без дріжджового тіста при температурі вище 42°C на 80%, При цьому абсолютна продуктивність екструдера при формуванні дріжджового тіста більша ніж при формуванні без дріжджового при однакових параметрах процесу (рис.3.5 та рис. 3.6). Що пояснюється меншою в'язкістю дріжджового тіста. Подальше підвищення температури дріжджового тіста вище 42 °C є недоцільним, оскільки призводить до зниження продуктивності екструдера. Дане явище можна пояснити початком денатурації білків і відповідно збільшенням модуля пружності та в'язкості тіста. З рис.3.7. та рис.3.8. можна сказати, що зі збільшенням температури тіста швидкість процесу екструзії збільшується. При формуванні дріжджового тіста нагрівання його вище 39 °C призводить до зменшення швидкості екструзії. За рахунок нижчої в'язкості дріжджового тіста швидкість його екструзії майже в півтора рази більша ніж для без дріжджового.

3.4 Вплив технологічних параметрів на процес екструзії тіста

Встановлено, що оскільки в умовах високої швидкості деформації дисперсно-колоїдної системи (тіста), частина зв'язків, які руйнуються, не встигають відновитися і відповідно діаметр джгута збільшується по відношенню до діаметра капіляра (Рис. 3.9). Підвищення вмісту газової фази призводить до зниження в'язкості тіста і руйнуванню просторової структури тіста, що пояснюється не ньютонівським характером матеріалу. Збільшення вмісту газової фази від 5 до 65% супроводжується збільшенням діаметра на 35%. Тобто, об'єм газу, який міститься в порах, призводить до збільшення відповідного об'єму тіста.

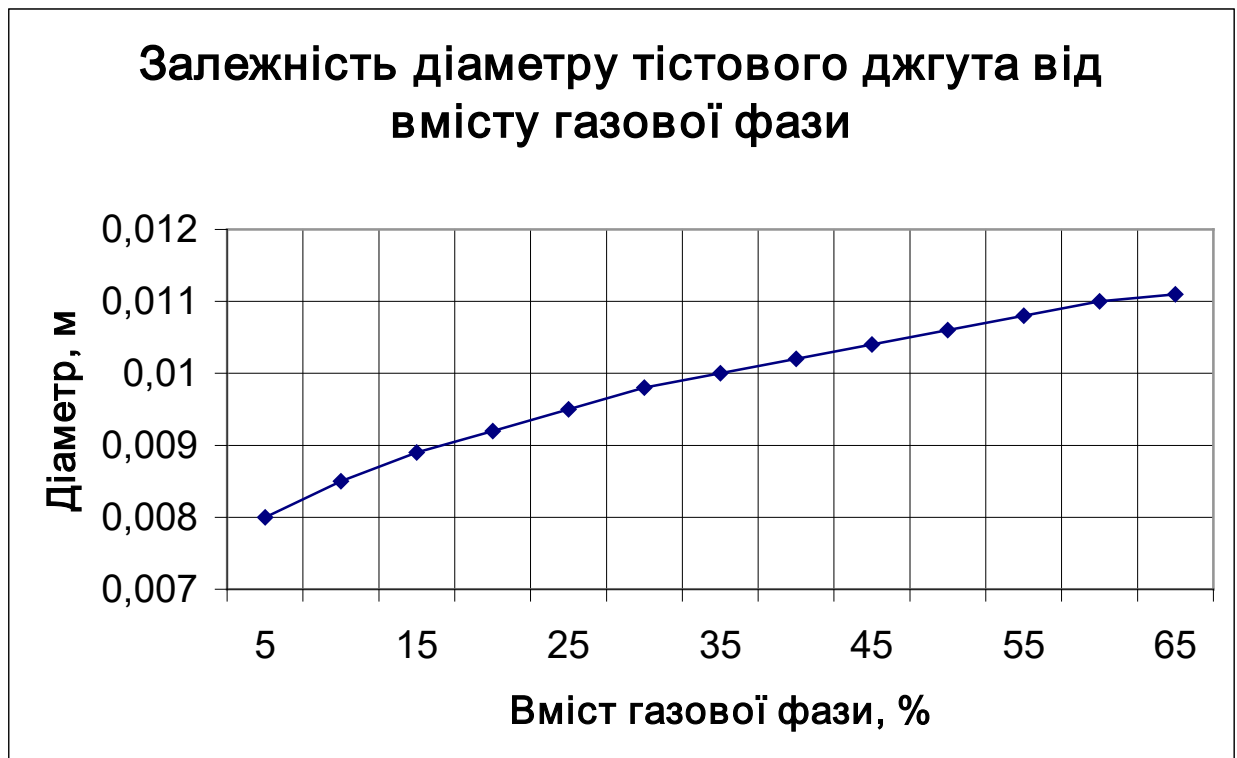


Рис. 3.9. Вплив вмісту газової фази на діаметр тістового джгута.

Пориста структура газонаповненого характеризується показником об'ємної ваги, який побічно характеризує співвідношення газоподібної і твердої фаз у матеріалі і пов'язаний з тим, що при течії тіста в формувальному каналі матриці відбувається формування його структури і зміна його характеристик.

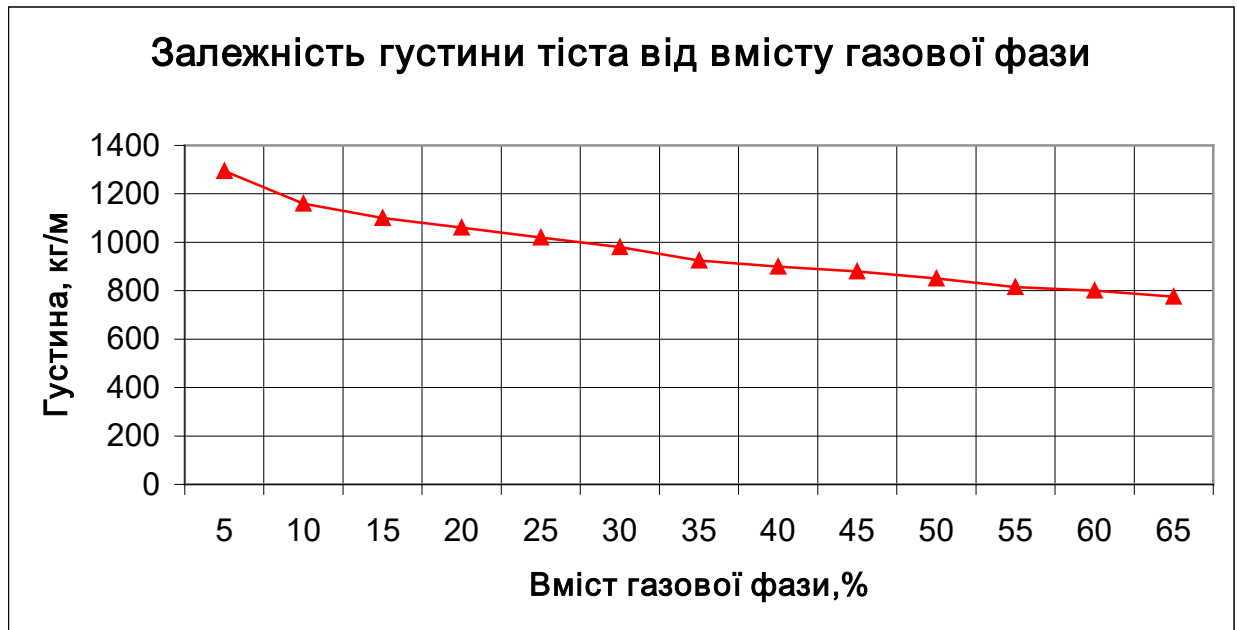


Рис. 3.10. Графік залежності густини тіста від вмісту газової фази

Накопичення вуглекислого газу тістом, супроводжується його розрихленням та призводить до того, що тісто без попередньої вистойки змінювало свою густину.

Отже для створення дрібнопористої і розрихленої структури тістової заготовки важливо підібрати оптимальний тиск.

3.5. Моделювання процесів прогріву тіста в зоні формування за допомогою Flow Vision

З метою дослідження процесу неізотермічного екструдювання та враховуючи специфіку матеріалу і особливості обладнання в якому проходить даний процес ми обрали програмний комплекс тривимірного моделювання потоків FlowVision 2.3.

Програмний комплекс FlowVision призначений для моделювання тривимірних потоків рідини і газу в технічних і природних об'єктах, а також візуалізації цих потоків методами комп'ютерної графіки.

У FlowVision реалізована конвективно-дифузійна модель теплопереносу.

Для створення даної моделі ми спростили схему матриці з підігрівом. На рис.3.11. зображено ескіз матриці з підігрівом.

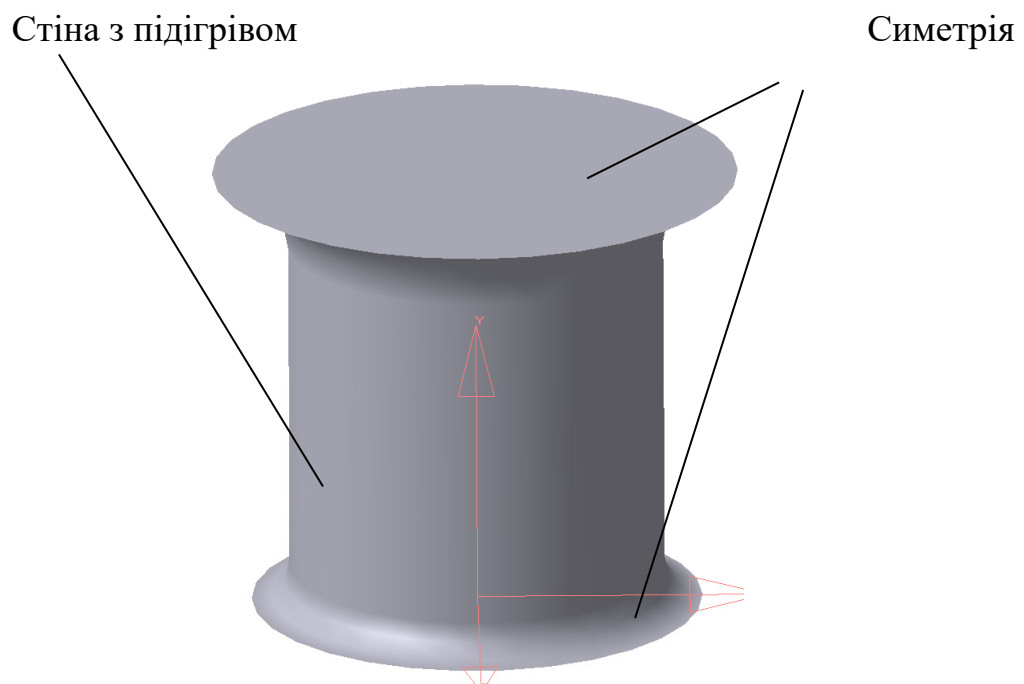


Рис. 3.11. Граничні умови моделі

В даній роботі промодельємо процес нагріву тіста під час екструдювання. Враховуючи, що при формуванні через канал матриці тісто знаходиться під надлишковим тістом, то в ньому відсутня газова складова, а

також незначну тривалість перебування тіста в каналі матриці, то для визначення ступеня прогріву джгута тіста від стінки матриці нами створено математичну модель конвективно-дифузійного теплопереносу для агрегатного стану-, „твердый материал” з кінцевими умовами: для входу і виходу тіста – „симетрия”, а для стінки – „стенка” з відповідними температурами (80 і 100 °С). Властивості речовини (тіста): густина – 1000 кг/м³, молекулярна в’язкість - 4000Пас, теплопровідність – 0,3 Вт/мК, птома теплоємність – 3200 Дж/кг град . Оскільки відсутній рух тіста вздовж каналу матриці (твердый материал) то ми встановили час прогріву рівний проходу тіста крізь матрицю – 5с.

Аналіз результатів

Проаналізуємо діаграми розподілу температур шару тіста на виході з матриці при її температурах 80 і100°С.

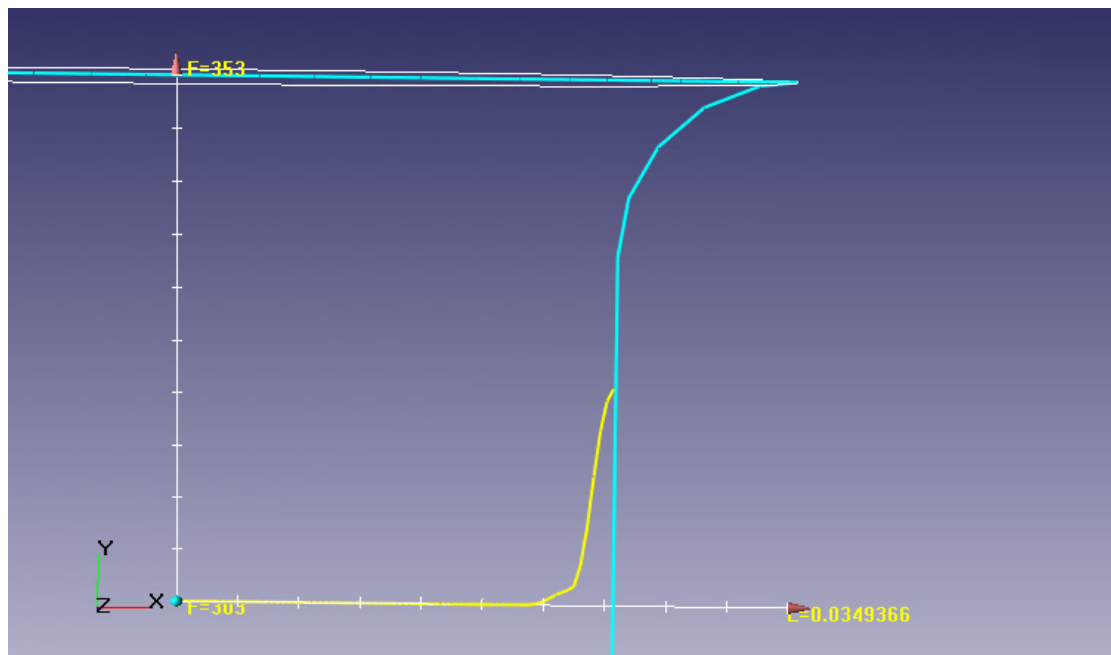


Рис.3.12. діаграма розподілу температури джгута тіста при температурі матриці 80 °С.

При проходженні джгута тіста через нагрітий до 80 °С температура поверхневого шару джгута тіста нагрівається від 30 °С до 53 °С.

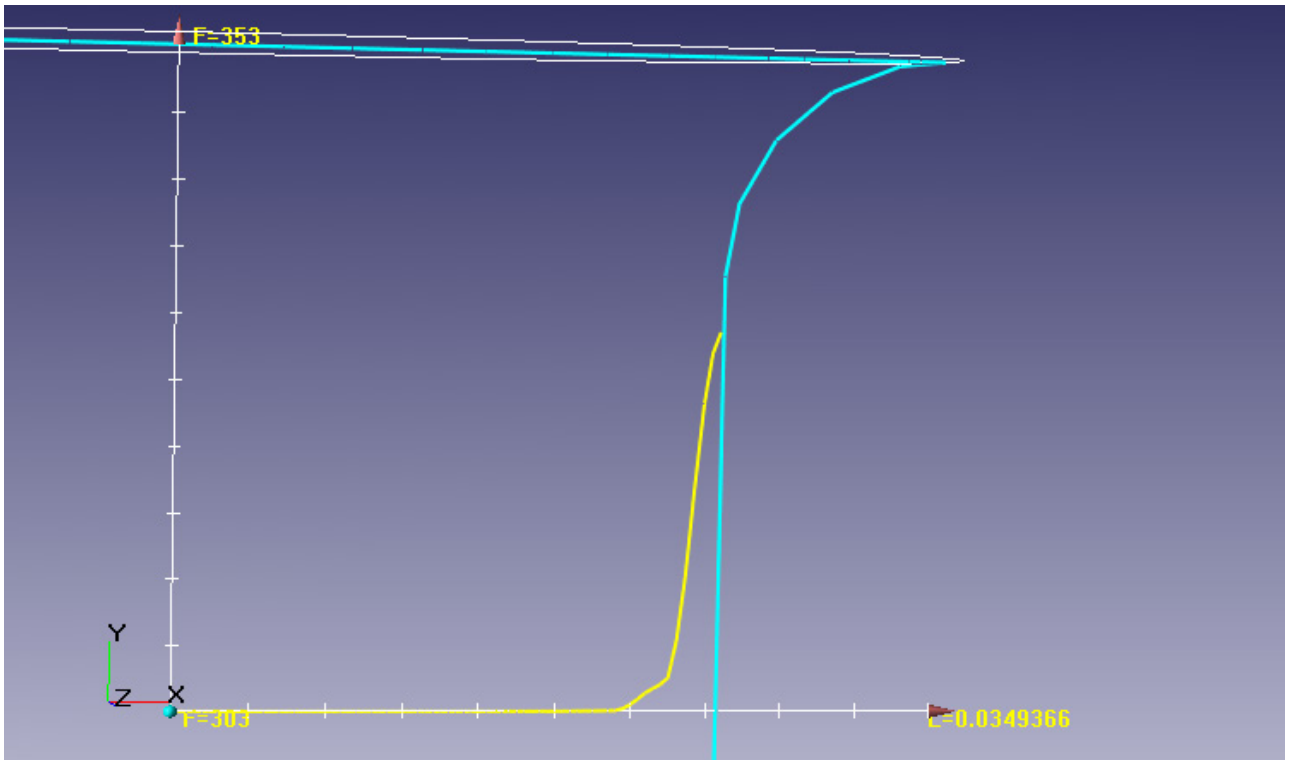


Рис.3.13. діаграма розподілу температури джгута тіста при температурі матриці 100 °С.

При проходженні джгута тіста через нагрітий до 100 °С температура поверхневого шару джгута тіста нагрівається від 30 °С до 60 °С.

За час проходження тіста формувальний отвір джгутів прогріваються на глибину до 0,005м.

Аналіз отриманих даних та даних отриманих експериментальним шляхом (рис.3.3) показують можливість використання прийнятої моделі при розрахунку процесу теплопередачі в формувальному каналі матриці від стінки матриці до тіста.

Розділ 4 Впровадження результатів досліджень

4.1 Формування хлібобулочних виробів методом теплої екструзії

Використання екструдера з підігрівом тіста в зоні формування дозволяє поєднати в одному апараті такі операції як:

- вистоювання тіста під надлишковим тиском,
- формування тістових заготовок екструзією,
- підігрів тіста в зоні формування

Що дозволить вилучити з лінії шафу вистоювальня, тістоподільне та тістоформувальне обладнання. Крім того даний апарат простіше обслуговувати ніж перелічене обладнання.

Застосування підігріву матриці ми зможемо знизити тиск випресовування за рахунок зниження в'язкості тіста, що призводить до:

1. Підвищенню продуктивності екструдера (збільшується швидкість випресовування).
2. Зниження витрат енергії на випресовування.
3. Зниження витрати теплової енергії на випікання виробів в печі за рахунок вищої температури тістових заготовок.
4. Покращення якості готових виробів (утворюється гладка, еластична поверхня та рівномірної пористості готових виробів).

4.2. Розробка конструкції матриці для теплої екструзії

Виходячи з того, що нагрів тіста в зоні екструдювання позитивно впливає на процес екструзії запропоновано конструкції матриць в якій відбувається нагрівання тіста електричним струмом за рахунок його власного опору в поєднанні з зовнішнім нагрівом матриці для заготовок великого діаметру (Рис.4.1.) та лише з зовнішнім нагрівом матриці для переважної більшості заготовок з діаметром формувального отвору до

0,025м. (Рис.4.2), які можуть встановлюватись в екструдер безперервної дії для хлібобулочних виробів (рис. 4.3.).

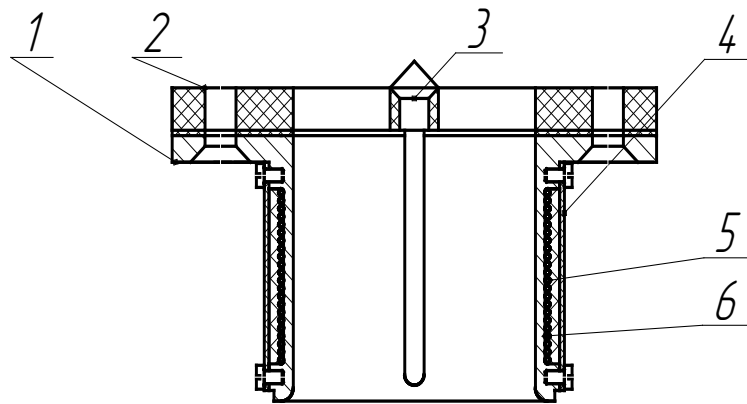


Рис 4.1. Схема матриці для заготовок великого діаметру.

Запропонована матриця являє собою циліндричний корпус 1 в якому встановлені два тримачі електрода , електрод 3 до якого підходить напруга через провідник, який знаходиться в ізоляції . Провідник знаходиться в тримачі 2. Корпус матриці обмотаний ізолюваним провідником 6, який слугує для зовнішнього нагріву матриці. Провідник 6 захищений від навколишнього середовища захисним кожухом 5 та тепло- та електроізолятором 4 з метою зменшення витрат тепла в повітря та запобігання враженням електричним струмом.

Для більшості заготовок з розміром формувального отвору до 0,025м. доцільно використовувати формувальні матриці з зовнішнім підігрівом (рис.4.2.).

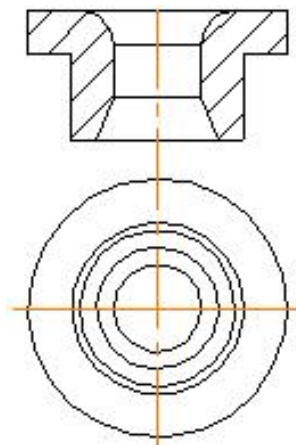


Рис. 4.2. Схема формувальної матриці з діаметром формувального отвору до 0,025м..

Дані матриці запропоновано встановлювати в екструдер безперервної дії в якому відбувається процес вистоювання тіста перед його формуванням (рис.4.3.).

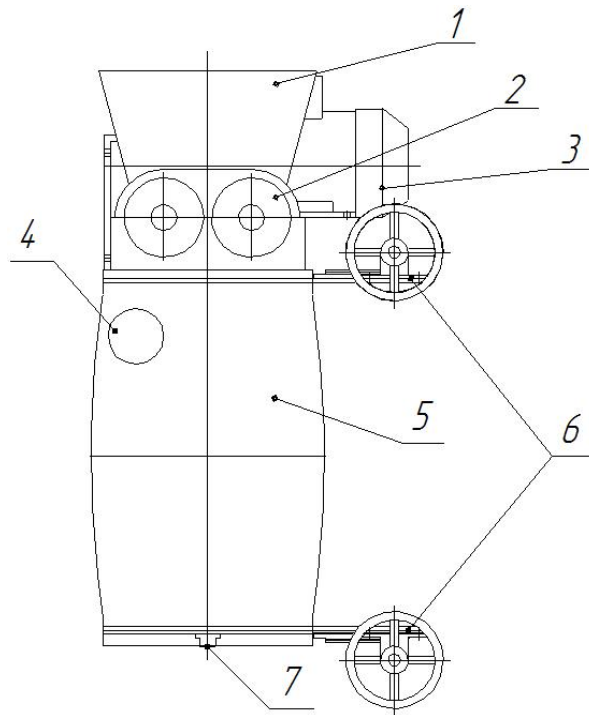


Рис.4.3. Схема конструкції екструдера:

1 - приймальна воронка валкового нагнітача; 2 – валковий нагнітач; 3 – привід нагнітача; 4 – патрубок подачі стиснутого повітря; 5 - робоча камера екструдера; 6 – шибер; 7 - формувальна матриця.

Готове тісто подається у воронку валкового нагнітача, що нагнітає його в ємність для виброджування овальної форми та підтримує в ємності заданий тиск, який достатній для виброджування тіста та його формування через формувальні отвори матриці.

Для забезпечення рівномірності подачі тіста в ємність та процесу формування в верхню частину камери встановлено розподільувач потоку тіста, який запобігає утворенню застійних зон. Регулювання роботи апарату відбувається також за рахунок шиберів. Після відкриття яких тісто під дією надлишкового тиску формується через отвори матриці 5 на під печі у вигляді

окремих заготовок. За рахунок підведення теплоти до матриць відбувається теплообмін між матрицею та поверхнею тіста внаслідок чого в'язкість тіста зменшується, що призводить до підвищення швидкості тістового джгута і відповідно підвищення продуктивності екструдера, зниження тиску фолрмування, а за рахунок вищої температури тістових заготовок до зниження витрати енергії на випікання виробів в печі.

Формуючим органом екструдера є формувальна плита в якій розміщені отвори (рис.4.4.).

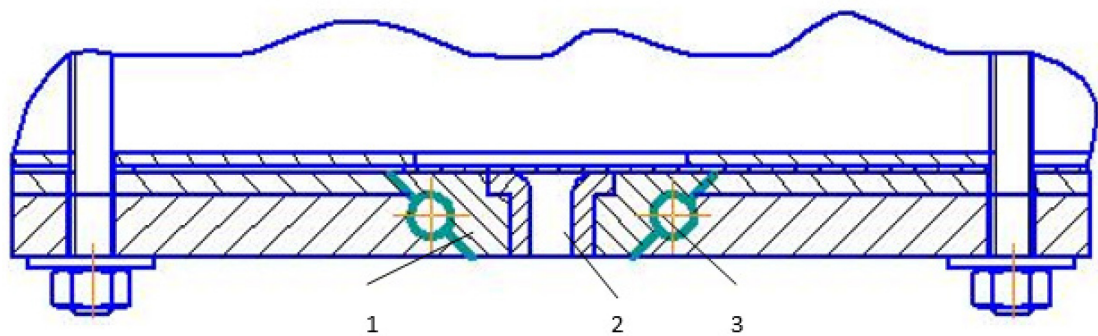


Рис.4.4. Схема формувального вузла

1- Формувальна плита, 2– матриці, 3–ТЕН

Нагрівання та регулювання температури матриць відбувається ТЕНами від щита курування.

Конструкцією передбачено змінні матриці екструдера, що дозволяє формувати хлібобулочні вироби різної форми цим самим розширити асортимент не змінюючи основного обладнання.

4.3. Розрахункова частина

Розрахунок продуктивності печі

Розрахунок екструдера з теплою екструзією виконаємо для тунельної печі WSL-8090 (довжина поду 15м, ширина поду 0,6м.) для безперервних по довжині поду циліндричних заготовок заготовок діаметром 20 мм.

При цьому:

Діаметр заготовки, мм $- d = 20;$

Тривалість випікання циліндричної заготовки у печі, хв. - $\tau = 15$;

зазор між виробами по ширині печі, мм - $a = 30$;

тоді, кількість рядів виробів на поду печі, шт.:

$$N = \frac{B-a}{b+a} = \frac{600-30}{20+30} = 11.4$$

Приймаємо кількість рядів $N=12$ шт.

Маса тіста в одному ряду, кг:

$$m = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \cdot \rho$$

де L – довжина поду печі, d – діаметр матриці екструдера, $d=0.014$ м.; ρ – густина тіста в матриці, приймаємо $\rho=1100$ кг/м³, тоді

$$m = \frac{3,14 \cdot 0,014^2}{4} \cdot 15 \cdot 1100 = 2,53 \text{ кг}$$

Розраховуємо годинну продуктивність печі по готових виробих, кг/год:

$$П = \frac{N \cdot m \cdot 60}{\tau} = \frac{12 \cdot 2,53 \cdot 60}{15} = 121 \text{ кг/год}$$

Розраховуємо добову продуктивність печі по готових виробих, т/доб:

$$П_{доб} = \frac{П \cdot 23}{1000} = \frac{121 \cdot 23}{1000} = 2,783 \text{ т/доб}$$

Розрахунок об'єму ємкостей для вистоювання

Знаходимо об'єм ємкості для вистоювання тіста екструдера:

$$V = \frac{m_{міста}}{\rho},$$

де $m_{\text{тіста}}$ – маса тіста, що знаходиться в екструдері, кг; ρ – густина тіста, $\rho=1100 \text{ кг/м}^3$

$$m_{\text{тіста}} = \Pi_{\text{агр}} \times \tau_{\text{вип}},$$

Приймаємо тривалість випікання $\tau_{\text{вип}}=15$ хв, тоді:

$$m_{\text{тіста}}=119,413 \times 0,4=59,706 \text{ кг}$$

$$V = \frac{59,706}{1100} = 0,054 \text{ м}^3$$

Розрахунок швидкості поду та часу цикла

Знаходимо швидкість поду тунельної печі, м/с:

$$v = \frac{S}{\tau_{\text{вип}}} = \frac{15}{0,009} = 156,25 \text{ м/год} = 0,0434 \text{ м/с}$$

де S – довжина поду.

Розрахунок валкового нагнітача

Приймаємо продуктивність екструдера по готових виробках 120 кг/год. тоді необхідна продуктивність по тісту $\Pi_{\text{с.т.}} = 0,035 \text{ кг/с.}$, отже

Продуктивність валкового нагнітача, кг/год:

$$\Pi_{\text{с.т.}} = L \cdot h_0 \cdot d \cdot n \cdot \rho \cdot \pi \cdot K,$$

де L – довжина нагнітача, приймаємо $L=600$ мм;

h_0 - зазор між валками, приймаємо $h_0 = 10$ мм;

d – діаметр валків, приймаємо $d=98$ мм;

ρ - густина тіста, $\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$

n – частота обертання валків, об/с;

K – коефіцієнт подачі валкового нагнітача, при $h_0 = 10$ та ширині щілини матриці до 20 мм $K=0,3$.

Тоді необхідна частота обертання валків:

$$n = \frac{P_{c.m.}}{L \cdot h_0 \cdot d \cdot \rho \cdot \pi \cdot K} = \frac{0,035}{0,6 \cdot 0,01 \cdot 0,098 \cdot 1100 \cdot 3,14 \cdot 0,3} = 0,057 \text{ об/с} = 3,42 \text{ об/хв.}$$

Нагнітальні валки обертаються в протилежних напрямках з однаковою швидкістю за рахунок зубчатої передачі з передаточним відношенням $i = 1$, тому їх крутні моменти додаються. Тоді результуючий момент на нижньому валу нагнітача:

$$M = P_p \cdot R^2 \cdot l \cdot (\alpha + 2\beta) \operatorname{tg} \varphi$$

де P_p – тиск в камері бродіння, Па;

φ – кут тертя тіста по валку, $25-30^\circ$ – для пшеничного тіста в залежності від рецептури та вологості,

α – кут живлення, рад;

β – кут нагнітання, рад;

$$M = 0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,04^2 \cdot 0,6 \cdot \left(\frac{\pi}{3} + \frac{2\pi}{3} \right) \cdot 0,5 = 301,44 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Тоді потужність необхідну для обертання валка:

$$N = \frac{M \cdot n}{9550} = \frac{301,44 \cdot 3,42}{9550} = 0,108 \text{ кВт.}$$

Кінематичний розрахунок привода валкового нагнітача

Розрахункову потужність двигуна приводу валкового нагнітача визначаємо за формулою:

$$N_{\delta} = \frac{N}{\eta_{\text{заг}}},$$

де $\eta_{\text{заг}}$ - загальний ККД привода:

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{підш}}^4 \cdot \eta_{\text{з.п.}} = 0,995^4 \cdot 0,94 = 0,921,$$

є $\eta_{\text{підш}}$ - ККД підшипників кочення, приймаємо $\eta_{\text{підш}} = 0,995$;

$\eta_{\text{з.п.}}$ - ККД зубчастої циліндричної передачі, приймаємо $\eta_{\text{з.п.}} = 0,94$, тоді

$$N_{\delta} = \frac{0,108}{0,921} = 0,117 \text{ кВт.}$$

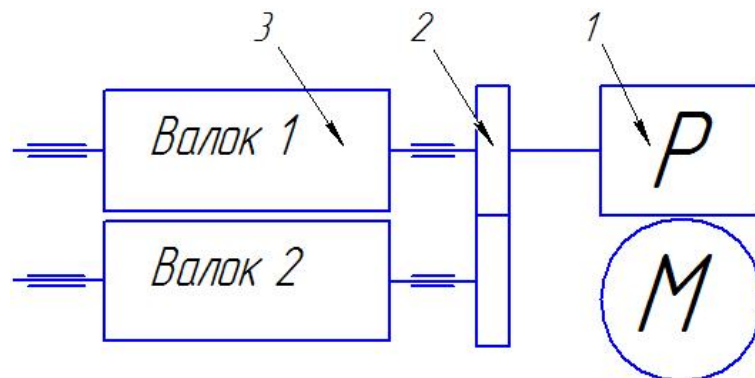


Рис.4.5. Кінематична схема приводу валкового нагнітача:

1 – черв'ячний мотор-редуктор; 2 – зубчаста передача; 3 – Нагнітальні валки.

Із каталогу відповідно до отриманих значеннями потужності та частоти обертання підбираємо привід для валкового нагнітача – черв'ячний одноступінчастий мотор-редуктор МЧ-125 потужністю $N = 1,5$ кВт ($N_{\text{д.кат.}} \geq N_{\delta}$) що має наступні параметри : $n = 11,4$ об/хв.; $M_{\text{max}} = 766$ Н·м. регулювання частоти обертів вихідного вала мотор-редуктора відбувається

частотним перетворювачем E2-MINI-S3L (максимальна потужністю двигуна $N_{\max} = 2,2$ кВт).

Загальне передаточне число:

$$u = \frac{n_{\text{д}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{3,42}{3,42} = 1.$$

При цьому передаточне число зубчастої передачі валків $u = 1$.

Визначаємо частоту обертання відповідних валів привода валкового нагнітача:

$$n_1 = n_{\text{д}} = 3,42 \text{ об/хв.};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u} = \frac{3,42}{1} = 3,42 \text{ об/хв.};$$

Визначаємо потужність на відповідних валах привода валкового нагнітача:

$$N_1 = N_{\text{д}} = 0,117 \text{ кВт};$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{з.н.}} \cdot \eta_{\text{міди}}^2 = 0,117 \cdot 0,94 \cdot 0,995^2 = 0,109 \text{ кВт};$$

Визначаємо крутні моменти на відповідних валах привода:

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_1}{n_1} = 9550 \cdot \frac{0,117}{3,42} = 326,711 \text{ Н·м};$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{0,082}{3,42} = 228,977 \text{ Н·м};$$

Розрахунок зубчастої передачі

Для обертання валків обираємо відкриту циліндричну прямозубу передачу.

Крутний моменти та номінальна потужність що передається шестернею відповідно: $T_1 = 326,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$, $N_1 = 117 \text{ Вт}$; частота обертання $n_1 = 3,4 \text{ об/хв}$; передаточне число $u = 1,0$.

Вибір матеріалу і призначення термообробки:

Обираємо матеріал сталь 45 для шестерні і для колеса; з нормалізацією

Для шестерні і для колесе:

$$\sigma_B = 600 \text{ МПа}; \sigma_T = 340 \text{ МПа}; 190 \text{ HB}_1;$$

Допустимі напруження згину:

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \text{ limb}}}{S_F} \cdot K_{FL} \cdot K_{FC} \cdot Y_S \cdot Y_R,$$

де $\sigma_{F \text{ limb}}$ — границя витривалості зубців при згині, яка відповідає базовому числу циклів зміни напружень :

$$\sigma_{F \text{ limb}1} = 1,8 \cdot \text{HB}_1 = 1,8 \cdot 190 = 342 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F \text{ limb}2} = 1,8 \cdot \text{HB}_2 = 1,8 \cdot 190 = 342 \text{ МПа};$$

$K_{FC} = 1,0$ - коефіцієнт, що враховує характер прикладання навантаження, для нереверсивної передачі;

K_{FL} — коефіцієнт довговічності:

$$K_{FL} = m_F \sqrt{\frac{N_{FO}}{N_{FE}}},$$

де m_H - показник степеня кривої втоми, для коліс із твердістю поверхні зубців $\text{HB} < 350$ $m_F = 6$;

N_{FO} — базове число циклів зміни напружень:

$$N_{FO} = 4 \cdot 10^6$$

N_{FE} – еквівалентне число циклів навантаження зубців за термін служби передачі :

$$N_{FE} = 60 \cdot n_1 \cdot t_{екв},$$

де $n_1=3,42$ об/хв– частота обертів вала шестерні,

$$t_{екв} = t_{\Sigma}$$

$$t_{\Sigma} = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot K_{рiчн} \cdot K_{доб} = 8 \cdot 2 \cdot 365 \cdot 4 \cdot 0,82 \cdot 0,9 = 17239,7 год$$

$$N_{FE} = 60 \cdot n_1 \cdot t_{екв} = 60 \cdot 3,42 \cdot 17239,7 = 3,5 \cdot 10^6 \text{ циклів}$$

$N_{FE} < N_{FO}$, тому приймаємо коефіцієнт довговічності

$$K_{FL} = \sqrt[6]{\frac{4 \cdot 10^6}{3,5 \cdot 10^6}} = 1,06;$$

S_F – коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F \cdot S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,625$$

$$S'_F = 1,75$$

$$S''_F = 1,5$$

$Y_S = 1$ — коефіцієнт, що враховує чутливість матеріалу та концентрації напружень.

$Y_R = 1$. — коефіцієнт, що враховує шорсткість перехідних поверхонь зубців,

Розраховуємо допустимі напруження згину для зубців шестерні та колеса :

$$[\sigma_{F1}] = \frac{342}{2,625} \cdot 1,063 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 138,494 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{342}{2,625} \cdot 1,063 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 138,494 \text{ МПа}$$

Розраховуємо допустимі граничні напруження згину при максимальних навантаженнях:

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{\sigma_{F \lim M}}{S_{FM}} \cdot Y_S$$

$\sigma_{F \lim M}$ - граничне напруження, що не викликає остаточних деформацій або крихкого злому:

$$\sigma_{F \lim M} = 4,8 \cdot HB = 4,8 \cdot 190 = 912 \text{ МПа}$$

S_{FM} – коефіцієнт безпеки, $S_{FM} = 2,625$

$Y_S = 1$ — коефіцієнт, що враховує чутливість матеріалу та концентрації напружень,.

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{912}{2,625} \cdot 1 = 347,43 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустимі граничні контактні напруження при максимальних навантаженнях:

$$[\sigma_{HM}] = 2,8 \cdot \sigma_T,$$

$$[\sigma_{HM}] = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 340 = 952 \text{ МПа}$$

Розрахунок зубців на міцність при згині.

Визначаємо величини необхідні для розрахунку:

— наближена швидкість зубчастих коліс:

$$v = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_1 \cdot n_1^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{0,117 \cdot 3,42^2} = 0,014 \text{ м/с}$$

При даній швидкості необхідний ступінь точності передачі – 9-й:

— коефіцієнт ширини зубчастого вінця при консольному розташуванні опор приймаємо $\psi_d = 0,75 \cdot \psi_d^{\max} = 0,75 \cdot 0,7 = 0,5$

— коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцям

$$K_{F\alpha} = 1,16$$

— коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця:

$$K_{F\beta} = 1,02$$

— коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження:

$$K_{Fv} = 1,26$$

Попередньо приймаємо:

— число зубів шестерні $z_1=63$, тоді число зубів колеса $z_2 = z_1 \cdot u = 63 \cdot 1,0 = 63$.

— коефіцієнти, що враховують форму зубців шестерні і колеса:

$$Y_{F1} = 3,6$$

$$Y_{F2} = 3,6$$

коефіцієнт, що враховує вплив нахилу зуба на його напружений стан:

$$Y_{\beta} = 1$$

Виходячи з параметрів розрахунку нагнітача, приймаємо:

$$\alpha_{\omega} = 108 \text{ мм};$$

$$d_{\omega 1} = d_{\omega 2} = 108 \text{ мм};$$

$$z_1 = 36;$$

$$m = 3 \text{ мм}$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_3}{60000} = \frac{3,14 \cdot 108 \cdot 3,42}{60000} = 0,019 \text{ м/с}$$

Степінь точності передачі – 9^{та}, що співпадає з раніше прийнятою.

$$K'_{Fv} = 1,05$$

$$Y'_s = 0,95$$

Виконуємо перевірочний розрахунок зубців на міцність при згині під дією максимального навантаження:

$$\sigma_{F \max} = \sigma_F \cdot \frac{T_{\max}}{T_n} \leq [\sigma_{F \max}]$$

Розрахуємо напруження згину в зубцях шестерні:

$$\sigma_{F1} = Y_{F1} \cdot Y_{\beta} \cdot \frac{W_{F1}}{m},$$

$$\text{де } W_{F1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\omega 1} \cdot b_{\omega}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 326,711 \cdot 10^3}{108 \cdot 54} \cdot 1,063 \cdot 1,02 \cdot 1,05 = 125,555 \text{ МПа}$$

$$b_{\omega} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0,5 \cdot 108 = 54 \text{ мм}$$

Приймаємо $b_{\omega} = 51 \text{ мм}$

$$\sigma_{F1} = 3,6 \cdot 1,0 \cdot \frac{125,555}{3} = 150,666 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}] = 151,13 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 150,666 \cdot \frac{3,6}{3,6} = 150,666 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 151,13 \text{ МПа}$$

Напруження згину від максимального навантаження:

$$\sigma_{F1 \max} = 150,666 \cdot 1,6 = 241,066 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}]_{\max} = 347,43 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2 \max} = 150,666 \cdot 1,6 = 241,066 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}]_{\max} = 347,43 \text{ МПа}$$

Виконуємо перевірочний розрахунок зубців на контактну міцність дією максимального навантаження.

Розрахункове напруження від максимального навантаження:

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{\max}}{T_H}} \leq [\sigma_H]_{\max}$$

Розрахуємо контактне напруження вад номінального навантаження:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot T_1 \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\nu} \cdot u + 1}{b_\omega \cdot d_{\omega 1}^2} \cdot \frac{u + 1}{u}}$$

— коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцям

$$K_{H\alpha} = 1,0$$

— коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця:

$$K_{H\beta} = 1,025$$

— коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження:

$$K_{H\nu} = 1,0945$$

— коефіцієнт, що враховує форму спряжених поверхонь:

$$Z_H = 1,76 \cdot \cos \beta = 1,76 \cdot \cos 0^\circ = 1,76$$

— коефіцієнт, що враховує механічні властивості спряжених коліс:

$$Z_M = 275 \text{ МПа}^{1/2}$$

— коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній:

$$\varepsilon_\alpha = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right] \cdot \cos \beta = \left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{36} + \frac{1}{36} \right) \right] \cdot \cos 0^\circ = 1,702$$

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}} = \sqrt{\frac{4 - 1,702}{3}} = 0,875$$

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 275 \cdot 0,863 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 326,711 \cdot 10^3 \cdot 1 \cdot 1,025 \cdot 1,0945 \cdot \frac{1+1}{1}}{51 \cdot 101,5^2}} = 637,261 \text{ МПа}$$

Напруження від максимального навантаження:

$$\sigma_{H \max} = 637,261 \cdot \sqrt{1,6} = 806,078 \text{ МПа} < [\sigma_H]_{\max} = 952 \text{ МПа}$$

Остаточно приймаємо розміри передачі:

$$m = 3 \text{ мм}, z_1 = 34, z_2 = 34, u = 1,0, b_o = 54 \text{ мм}$$

Таблиця 4.1.

Геометричні параметри циліндричної прямозубої передачі

| | |
|---------------------------------------|---|
| Кут нахилу зуба на діаметрі d | $\beta = 0^\circ$ |
| Кут зачеплення в нормальному перерізі | $\alpha_o = \alpha = 20^\circ$ |
| Кут зачеплення в торцьовому перерізі | $\alpha_{ot} = \alpha = 20^\circ$ |
| Міжосьова відстань | $a_o = 108 \text{ мм}$ |
| Ділильний і початковий діаметри: | |
| шестерні | $d_1 = d_{o1} = m \cdot z_1 = 3 \cdot 34 = 108 \text{ мм}$ |
| колеса | $d_2 = d_{o2} = m \cdot z_2 = 3 \cdot 34 = 108 \text{ мм}$ |
| Діаметри вершин зубців: | |
| шестерні | $d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 108 + 2 \cdot 3 = 114 \text{ мм}$ |
| колеса | $d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 108 + 2 \cdot 3 = 114 \text{ мм}$ |
| Діаметри западин: | |

| | |
|----------|---|
| шестерні | $d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 108 - 2,5 \cdot 3 = 101,5 \text{ мм}$ |
| колеса | $d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 108 - 2,5 \cdot 3 = 101,5 \text{ мм}$ |

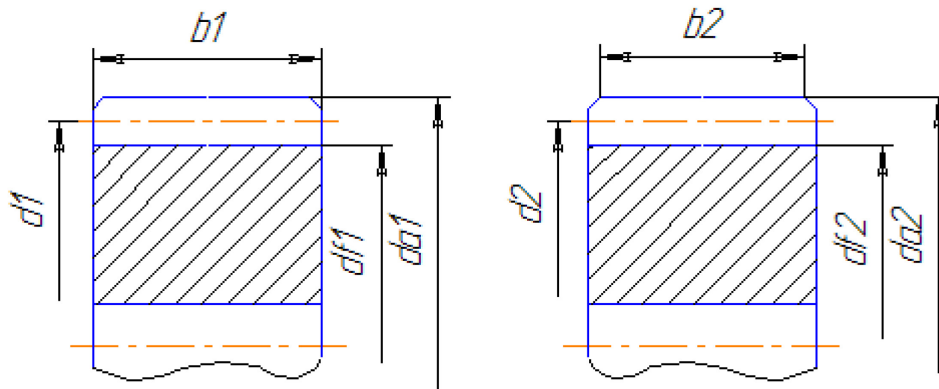


Рис. 4.6. Ескіз зуба зубчастої передачі.

Вибір та перевірочний розрахунок шпонкових з'єднань

1. змінання від крутного моменту – це найбільш небезпечна деформація шпонок і пазів .

Матеріал з якого виготовлено шпонки приймаємо Сталь 45, для якої допустиме напруження змінання $[\sigma_{зм}] = 170 \text{ МПа}$.

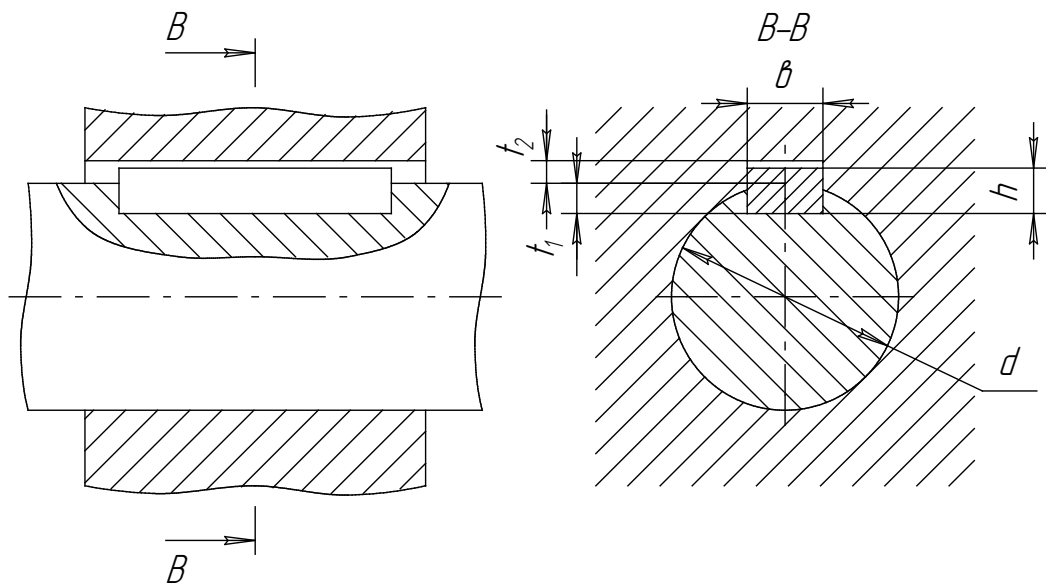


Рис.4.7. Ескіз шпонкового з'єднання.

2. діаметр вала $d = 25\text{мм}$, отже відповідно до стандарту обираємо такі розміри з'єднання:

ширина шпонки $b = 8\text{мм}$;

висота шпонки $h = 7\text{мм}$;

глибина пазу на валу $t_1 = 4\text{мм}$;

довжина шпонки $l = 18...90\text{мм}$ (приймаємо $l = 40\text{мм}$);

3. Визначаємо робочу довжину шпонки:

$$l_{\text{ун}} = l_{\text{см}} - (7 \div 10) = 20 - 7 = 13\text{мм}$$

$$l_{\text{см}} = (1,5 \div 2,0)d_g = 2,0 \cdot 40 = 80\text{мм}$$

4. Перевіряємо на зминання:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{2T}{d_g \cdot l \cdot (h - t_1)} = \frac{2 \cdot 326,711 \cdot 10^3}{25 \cdot 40 \cdot (7 - 4)} = 93,35\text{МПа} \leq [\sigma_{\text{зм}}]$$

$$\text{де } [\sigma_{\text{зм}}] = 100 \div 120\text{МПа} .$$

4. Перевіряємо на зріз:

$$\tau_{\text{зр}} = \frac{2T \cdot 10^3}{d_g \cdot b \cdot l} = \frac{2 \cdot 326,711 \cdot 10^3}{25 \cdot 8 \cdot 40} = 81,7\text{МПа} \leq [\tau_{\text{зр}}]$$

$$\text{де } [\tau_{\text{зр}}] = 60 \div 100\text{МПа} .$$

6. Міцність з'єднання достатня, вибираємо призматичну шпонку $8 \times 7 \times 40$ за ГОСТ 10748 – 79.

Розрахунок вала

В якості матеріалу для валів обираємо сталь 45.

Розрахунок вала на кручення.

На даному етапі розрахунків відстані між опорами невідомі, тому орієнтовний діаметр вала в небезпечному перерізі знаходимо з умов міцності при крученні:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot [\tau]}}$$

де T – крутний момент;

$[\tau]$ - допустиме напруження на кручення, для сталевих валів $[\tau] = 35..40$ МПа.

Приймаємо $[\tau] = 40$ МПа.

$$d = \sqrt[3]{\frac{326,711 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 40}} = 37,3 \text{ мм}$$

Приймаємо $d = 40$ мм.

Розрахунок вала на складний опір.

Визначаємо сили в зачепленні:

колова сила $F_{t2} = \frac{2 \cdot T_2}{d_{\omega 1}} = \frac{2 \cdot 326,711 \cdot 10^3}{108} = 6050,204 \text{ Н};$

радіальна сила $F_{r2} = F_{t2} \cdot \text{tg} \alpha_{\omega} = 6050,204 \cdot \text{tg} 20^\circ = 2202,09 \text{ Н};$

Розрахунок проводимо з побудовою епюр згинальних моментів:

а) горизонтальна площина

$$\begin{aligned} F_{r2} \cdot a - R_{BX} \cdot b &= 0; \\ \sum M_A = 0, \quad 2202,09 \cdot 32,5 - R_{BX} \cdot 558 &= 0; \\ R_{BX} &= 128,258 \text{ Н}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{r2} \cdot (a+b) - R_{AX} \cdot b &= 0; \\ \sum M_B = 0, \quad 2202,09 \cdot (32,5 + 558) - R_{AX} \cdot 558 &= 0; \\ R_{AX} &= 2330,348H. \end{aligned}$$

Перевірка:

$$, \quad R_{BX} - R_{AX} + F_{r2} = 0 ,$$

$$\sum F_X = 0$$

$$128,258 - 2330,348,48 + 2202,09 = 0.$$

Будуємо епюру у горизонтальній площині.

б) вертикальна площина

$$\begin{aligned} F_{t2} \cdot a - R_{BY} \cdot b &= 0; \\ \sum M_A = 0, \quad 6050,204 \cdot 32,5 - R_{BY} \cdot 558 &= 0; \\ R_{BY} &= 352,386H. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{t2} \cdot (a+b) - R_{AY} \cdot b &= 0; \\ \sum M_B = 0, \quad 6050,204 \cdot (32,5 + 558) - R_{AY} \cdot 558 &= 0; \\ R_{AY} &= 6402,52H. \end{aligned}$$

Перевірка:

$$\sum F_Y = 0 \quad , \quad R_{BY} - R_{AY} + F_{t2} = 0 ,$$

$$352,386 - 6402,52 + 6050,204 = 0 .$$

Сумарна епюра згинальних моментів:

$$\begin{aligned} M_{\text{сум}} &= \sqrt{M_{32X}^2 + M_{32Y}^2} \\ M'_{\text{сум}} &= \sqrt{112,5^2 + 309^2} = 328,8H \cdot m; \end{aligned}$$

Крутний момент $T_{\text{кр}}=326,711 \text{ Нм}$.

Розрахунок еквівалентного моменту:

$$M_{np} = \sqrt{M_{сум}^2 + (\alpha \cdot T)^2},$$

де α - коефіцієнт, що враховує різницю в характеристиках циклів напружень згину і кручення ($\alpha = 0,58$).

$$M'_{np} = \sqrt{0^2 + (0,58 \cdot 326,711)^2} = 189,5H \cdot м;$$

$$M''_{np} = \sqrt{0^2 + (0,58 \cdot 206,82)^2} = 119,96H \cdot м;$$

$$M'''_{np} = \sqrt{328,8^2 + (0,58 \cdot 206,82)^2} = 300H \cdot м;$$

$$M''''_{np} = \sqrt{164,4^2 + (0,58 \cdot 206,82)^2} = 203,51H \cdot м;$$

$$M''''''_{np} = \sqrt{164,4^2 + 0^2} = 164,4H \cdot м;$$

Визначаємо діаметри вала в характерних точках:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}}$$

де $[\sigma_{-1}]$ - допустиме знакоперемінне напруження для вала

в перерізі 1
$$d = \sqrt[3]{\frac{189,5 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 24,9 мм$$

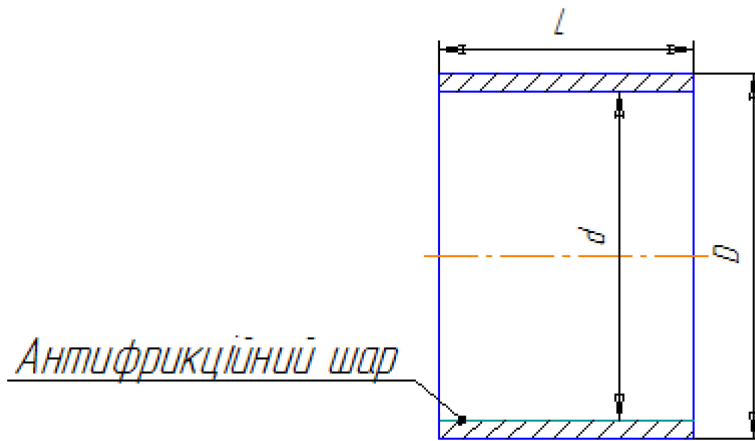
Приймаємо остаточний діаметр в перерізі 1 $d = 25 мм$,

в перерізі 2
$$d = \sqrt[3]{\frac{300 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 29,9 мм$$

Приймаємо остаточний діаметр в перерізі 2 $d = 30 мм$.

Підбір підшипників

Вали нагнітача встановлюємо в підшипники ковзання з металфторопласту по ОСТ 1 10287-71 з наступними розмірами: $d = 25$, $D = 47$, $L = 12$.



Тепловий розрахунок матриці

Тепловий розрахунок зводиться до знаходження потужності нагрівального елемента, яка повинна забезпечувати нагрівання матриці при вмиканні апарата за короткий термін, а також підтримувати задану температуру при роботі агрегата.

Розрахунок потужності ТЕНів для виходу агрегата на робочий режим за встановлений термін N_H , кВт:

$$N_H = \frac{Q}{\tau}$$

Де Q – кількість теплоти, що отримала матриця, кДж;

τ - тривалість виходу агрегата на робочий температурний режим, с. Для агрегату встановлено максимальна тривалість – 15 хвилин.

Теплота, що підводиться до матриці витрачається на її нагрівання і втрачається в навколишнє середовище за рахунок радіаційного конвективного теплообміну:

$$Q = 1.2 \cdot M \cdot C (t_k - t_0),$$

Де 1.2- коефіцієнт, що враховує теплові втрати при розігріванні;

C – питома теплоємність, для сталі $C=0.5$ кДж/(кг · К);

M - маса матриці, $M=1.4$ кг;

t_k і t_0 - відповідно початкова і кінцева температура матриці, $t_0 = 20$ °C,

$$t_k = 80$$
 °C

$$Q = 1.2 \cdot 7.3 \cdot 0.5 (80 - 20) = 297.6 \text{ кДж};$$

$$N_H = \frac{297.6}{15 \cdot 60} = 0.33 \text{ кВт.}$$

Визначення температури поверхності тістової заготовки:

$$\tau = 1.5 \text{ с} \quad t_c = 80$$
 °C

$$\alpha = 50 \quad a = 0.0016 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$\lambda = 0.36$$

$$t = 80 \left[1 - e^{-0.0016 \cdot 10^{-4} \cdot \left(\frac{\alpha}{\lambda}\right)^{1.5} \operatorname{erfc}\left(\frac{\alpha}{\lambda} \sqrt{0.0016 \cdot 10^{-4} \cdot \tau}\right)} \right] = 6.13$$
 °C

$$t_{\text{нов}} = t_{\text{ноч}} + t = 36.13$$
 °C

$$Q = c_T \cdot m_T (t_2 - t_1)$$

$$Q = 2.7 \cdot 0.9 \cdot 10^{-6} \cdot 3 = 7.29$$

Розділ 5.Правила монтажу та обслуговування

Надійна і довговічна робота екструдера з підігрівом матриці для виробництва хлібобулочних виробів забезпечується при суворому дотриманні правил експлуатації та своєчасного, якісного і повного проведення ТО і ремонтно-профілактичних робіт, передбачених посібником з експлуатації.

До робіт по монтажу, налагодження, експлуатації й обслуговуванню обладнання допускаються особи, що вивчили будову, принцип роботи обладнання і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

Проводити пусконаладжувальні роботи рекомендується наладчиками організації-виробника з метою забезпечення більш якісної підготовки обладнання до роботи.

Запчастини, які призначені для забезпечення пусконаладжувальних робіт до експлуатації протягом гарантійного терміну поставляються з обладнанням. Для середніх і капітальних ремонтів забезпечення запчастинами здійснюється по фондах, що виділяється у встановленому порядку.

Планом передбачаються наступні організаційно-технічні заходи:

- порядок пуску і зупинки обладнання;
- використання засобів механізації;
- заміна окремих вузлів машини або проведення ремонту;
- розміщення деталей і матеріалів, які будуть монтуватись замість знятих;
- забезпечення необхідними матеріалами, інструментами, ремонтно-монтажними пристроями, індивідуальними засобами захисту;
- порядок і почерговість випробування і здачі обладнання після ремонту.

Монтаж екструдера з підігрівом матриць здійснюється згідно з розробленим проектом організації монтажу. При наявності залізобетонної підлоги установка екструдера на опорах відбувається кріпленням анкерними болтами опор до підлоги з попереднім виставленням по рівню. Якщо

залізобетонна підлога відсутності, то площадку вирівнюють і закладають фундамент 400x400x400 мм під чотири опори з колодязями під фундаментні болти. По рівню встановлюється екструдер і цементним розчином заливається основа.

Монтаж екструдера повинен відповідати наступним вимогам:

1. Прив'язка обладнання до приміщення підприємства, взаємне розташування устаткування, прокладка комунікацій і трубопроводів розроблюється з врахуванням вказаних на габаритних кресленнях, технологічної та функціональної схем та вимог інструкції установочних та приєднувальних розмірів проектними організаціями споживача;
2. Монтаж екструдера повинен забезпечувати можливість огляду ремонту та очистки, а також доступ до всіх частин та місць обслуговування;
3. Горизонтальність базових поверхонь обладнання повинна бути по рівню;
4. Монтаж всіх видів комунікацій та трубопроводів повинна виключати можливість будь-яких ушкоджень, усі трубопроводи гарячої води мають бути тепло-ізолюваними;
5. Шафу керування встановити безпосередньо в зручному для обслуговування місці;

При експлуатації екструдера з підігрівом матриць необхідно виконувати наступні вимоги:

- щоденно проводити огляд екструдера;
- стежити за нормальним режимом роботи екструдера;
- не допускати перевантажень при роботі;
- періодично перевіряти надійність кріплення вузлів;
- періодично проводити чистку валкових нагнітачів та підтримувати їх нормальну роботу;
- стежити за рівнем мастила вузлів та за необхідності заливати до необхідного рівня відповідним мастилом редуктори приводів, регулярно змащення підшипників;

- не менше одного разу в місяць проводити профілактичний огляд;
- дотримуватись правил техніки безпеки про роботі.

Правильна експлуатація та бережливим ставлення обслуговуючого персоналу до устаткування безпосередньо впливає на його максимальну продуктивність.

Положення про планово-попереджувальний ремонт передбачає поточний, середній і капітальний ремонт, а також міжремонтне обслуговування. Склад кожного виду ремонту встановлюється попередньо в залежності від складу окремих вузлів і деталей обладнання.

Перед початком проведення ремонтних робіт необхідно виявити дефекти обладнання, які виявляються під час огляду екструдера і при перевірці журналу про відмови в роботі. Перед початком ремонтних робіт виконавці проходять інструктаж з техніки безпеки та знайомляться з тією частиною плану організації робіт, яка до них відноситься.

При підготовці необхідно провести ряд. До підготовчих операцій, які необхідно виконати перед підготовкою устаткування до монтажних, ремонтних, очисних робіт відносяться зупинка обладнання, відключення від джерел, живлення, видалення залишків продуктів, перекриття матриці, перевірка достатньої освітленості, наявності інструкцій з техніки безпеки та знання її робітниками.

Діагностика несправностей екструдера

При виході екструдера з ладу можливі випадки різних несправностей елементів схеми. З метою скорочення часу пошуку несправностей необхідно правильно поставити процес діагностики систем керування, оскільки це зменшує простої обладнання.

Діагностика несправностей починається з визначення групи, до якої належать дані несправності. Всі несправності елементів екструдера поділяються на дві групи:

1. Зовнішні – ті, що можна побачити візуально або почути (вихід з ладу елементів системи або порушення зв'язку між ними).
2. Внутрішні – ті, що проявляються в збої системи керування в процесі роботи.

Методика ремонту вузлів та деталей

При проектуванні обладнання необхідно передбачати, що поточний контроль та керування за роботою системи повинен здійснюватися щитом керування, що при простій поломці дозволяє оператору швидко усунути несправність та внести запис про несправність у відповідний журнал.

Для скорочення часу пошуку несправності необхідно передбачити можливість застосовувати при користуванні модульні елементи. відповідно до принципової схеми необхідно розмістити з'єднання кінців проводів.

Розділ 6. Заходи з охорони праці

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

Будь-яке підприємство повинно проводити для своїх працівників інструктажі з техніки безпеки.

Види інструктажів:

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

Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

З метою виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників проаналізуємо роботу обладнання розміщеного в тістоформувальному цеху

по виробництву хлібобулочних виробів. Умовні позначення нанесені на спрощену схему апарату.

В відділенні працює оператор екструдера – 1 чол.

Екструдер з підігрівом тіста в зоні формування (Рис.6.1.) складається з 1 - приймальної воронки; 2 – валкового нагнітача тіста; 3 – привіду з двигуна та редуктора; 4 – патрубк для подавання стиснутого повітря; 5 – робочої камери; 6 – шиберів; 7 - формувальних матриць з підігрівом.

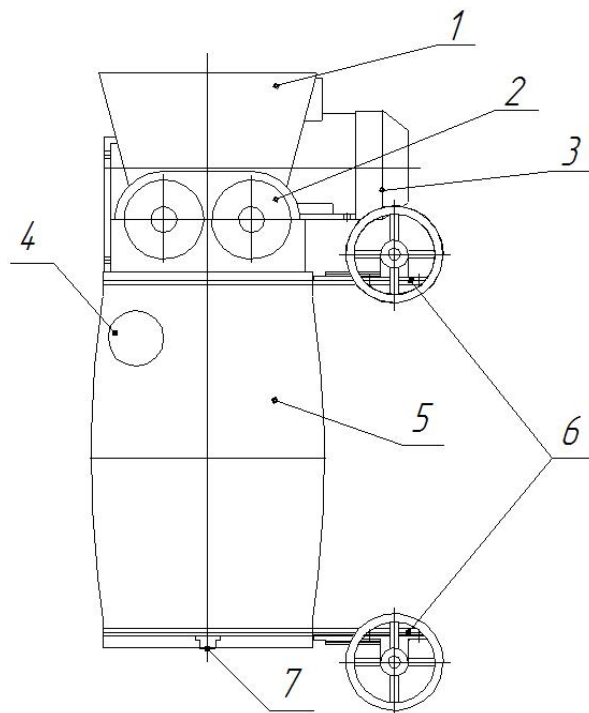


Рис.6.1. Схема конструкції екструдера:

На схемі позначені такі можливі фактори впливу на людину:

Е - ураження струмом через електроприлади

Ш - шум

В - вібрація

Метеорологічні умови

Для забезпечення нормального самопочуття людини під час виконання її

роботи досягається за певної комбінації температури, швидкості руху і відносної вологості повітря. оптимальними нормами мікроклімату вважають такі значення цих параметрів, які забезпечують найкраще самопочуття і найвищу працездатність людини.

Допустимі норми мікроклімату подані в таблиці.

Таблиця 6.1.

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

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

У виробничих приміщеннях передбачено вологе прибирання.

Загазованість

Під час роботи екструдера, а саме під час формування виробів крізь отвори матриці виділяється деяка незначна концентрація двоокису вуглецю, тому загазованість не нормується.

Запиленість

Під час роботи екструдера в повітря пил не потрапляє.

Шум

Шум в цеху тістоформуваної дільниці не перевищує нормативний.

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

Допустимі норми шуму для вибраних професій подано в таблиці

Таблиця 6.2.

| № п/п | Робочі місця | Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами (Гц) | | | | | | | | | Рівень звуку, дБ |
|-------|---------------------|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------------------|
| | | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | |
| 1 | Оператор екструдера | 100 | 95 | 90 | 84 | 79 | 78 | 75 | 74 | 72 | 80 |

З метою зменшення шуму в джерелах виникнення приймаються наступні заходи:

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

Вібрація

Вібрація існує локальна і загальна. Обладнання цеху тістоформуваної дільниці створює загальну технологічну вібрацію, оскільки не потребує постійного ручного керування або безпосереднього контакту з працівником тому воно передається на фундамент або підлогу, а через підлогу діє на

людину. В нашому випадку загальну технологічну вібрацію, що передається на фундамент тобто на підлогу створює екструдер.

Вимоги відповідно до ГОСТ 12.1012-90.ССТБ. Вибрационная безопасность. Общие требования:

1.Застосування обладнання та інструментів з значеннями вібрації, що не перевищують ГОСТ 12.1.012-90.

2. зниження рівня вібрації шляхом застосування переводу енергії механічного коливання в інші види енергії, найчастіше в теплову.

Випромінювання

Екструдер не є джерелом будь-якого випромінювання.

Освітлення

На території тістоформування дільниці застосовується два види освітлення – природне (комбіноване) і штучне та яке відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Природне освітлення забезпечується через вікна, які необхідно підтримувати в чистоті, оскільки з часом через забрудненість і запиленість скла ефективність природного освітлення може зменшитися до 25...35%. Також для природного освітлення велике значення мають чистота і кольорове оздоблення стін та стелі приміщення. Тому потрібно очищати скло не рідше, як два рази на рік і один раз на рік білити стіни і стелю.

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне та охоронне і утворюється штучними джерелами світла –світильниками, типи яких вибрані у відповідності з призначенням і характеристикою приміщень. Розміщення світильників рівномірне по всій площині цеху. Контроль за освітленістю потрібно проводити не рідше ніж один раз на три місяці. Очищення світильників повинен робити електрик 1 раз на місяць. Включення загальної системи - централізоване. Штучне освітлення

забезпечується встановленими поблизу робочих місць люмінесцентними лампами.

Люмінесцентне освітлення цеху 200 лк.

На території тістоформуальної ділянки передбачено аварійне освітлення. Воно використовується для забезпечення безпечного перебування працівників в цеху, а також для їх евакуації, у випадку вимикання робочого освітлення. Норма аварійного освітлення 75 лк. На світильниках аварійного освітлення нанесено відрізняючий знак ПУЕ.

Для проведення ремонтних робіт проведено мережу ремонтного освітлення, яка працює від понижуючих трансформаторів при напрузі 36 В.

Норми штучного освітлення робочого місця оператора екструдера

Таблиця 6.3.

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

Розміщення та безпечна експлуатація технологічного обладнання.

Обладнання розміщено з дотриманням вимоги по ширині проходів не менше 1 м між обладнанням та будівельними конструкціями і забезпечують безпечний рух людей та вільний доступ до обладнання.

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

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

На території бродильно-формувальної ділянки застосовується обладнання з електродвигунами, тому до нього висуваються жорсткі вимоги з експлуатації та охорони праці.

Електробезпека

Відповідно до "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) тістоформувальна ділянка відноситься до категорії з підвищеною небезпекою по небезпеці ураження людини електричним струмом.

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

До основних заходів електробезпеки відносять:

- захисне заземлення всіх неструмоведучих елементів електрообладнання;
- автоматично-захисне відключення швидкої дії у разі перевантаження або замикання на корпус електродвигунів приводу машини;
- недоступність основних струмоведучих частин;
- захисне розділення мережі;
- використання захисних засобів і пристроїв;
- блокувально-попереджувальна сигналізація з написами і плакатами;
- проведення профілактичних випробувань електричного обладнання та ППР;
- проведення організаційних заходів з персоналом (навчання, інструктажі, атестація).

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

Пожежна безпека

1. Відповідно з нормами технологічного проектування ОНТП 24-86 територія тістоформувань дільниці, що входить до складу хлібопекарського цеху, по вибухо-пожежній безпеці відноситься до категорії “В”.

2. Згідно зі СНиП 2.01.02-85 ступінь вогнестійкості будівлі для основних цехів не повинен бути нижче III.

3. Згідно з ПУЕ клас приміщення тістоформувань дільниці та зони вибухопожежної небезпеки - В-ІІа.

4. В цеху передбачена автоматична пожежна сигналізація з автоматичними тепловими пожежними оповісниками ДСП-038 для своєчасного оповіщення про пожежу. Для ліквідації пожежі в цеху є наступні первинні засоби пожежегасіння: внутрішні пожежні трубопроводи, пожежні стволи разом з пожежними рукавами, лопати, вогнегасники, азбестові ковдри, відра, сухий пісок, а також інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

5. Розрахунок необхідної кількості води для трьох часового пожежегасіння.

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

(8.1)

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

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

n_2 – витрата води на зовнішнє пожежегасіння ($n_2=30$ л/с), виходячи з того що відділення пожежонебезпекою відноситься до категорії “Б”, ступінь вогнестійкості- “III”, та об’єм приміщення рівний

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

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

$$V_{\text{пр}}=102 \times 54 \times 6=33048 \text{ м}^3, \text{ то } n_2=20 \text{ л/с.}$$

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

Приймаємо об’єм резервуара з водою 300 м³.

6. У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути не менше двох шляхів евакуації людей. Розташовують виходи з протилежних сторін будівлі або розосереджено. У разі потреби одним з шляхів евакуації може бут вікно з пожежною драбиною або сходами, що ведуть на зовне подвір’я.

Пропозиції щодо покращення умов праці

1. Для небезпечних рухомих частин обладнання передбачити додаткові огорожі.
2. Впровадження технічних засобів захисту від ураження електрострумом.
3. З метою зменшити причини виникнення будь-яких травматичних ситуацій на виробництві впровадити централізований контроль за дотриманням техніки безпеки та системи колективного захисту.
4. Введення додаткових систем кондиціювання цеху з метою забезпечення оптимального мікроклімату робочої зони.
5. Організація кабінетів по техніці безпеки, лабораторій та проведення щоквартальних занять з персоналом по профілактиці техніки безпеки.

Розділ 7 Техніко-економічний розрахунок впровадження екструдера з підігрівом матриць

Вихідні дані для розрахунку

Таблиця 7.1.

| № | Показники | Одиниці виміру | Базовий варіант | Проектний варіант | Примітка |
|---|--|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 1 | Виробнича потужність | т/добу | 2,8 | 2,8 | |
| 2 | Кількість діб роботи лінії на рік | дів | 345 | 345 | По даним заводу |
| 3 | Кількість змін роботи | змiна | 2 | 2 | По даним заводу |
| 4 | Кількість працюючих на лінії в зміну | Чол. | 9 | 6 | |
| 5 | Соціальні витрати | % | 38.08 | 38.08 | |
| 6 | Амортизаційні відрахування | % | 21.295 | 21.295 | |
| 7 | Вартість 1 кВт енергії | грн | 0.64 | 0.64 | По даним заводу |
| 8 | Оптова відпускна ціна за одиницю продукції | грн/т | 36000 | 36000 | |
| 9 | Собівартість одиниці продукції | грн/т | 23508 | 17488 | |

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

Порівняльно-цінова характеристика обладнання:

Таблиця 7.2.

| № | Базовий | Ціна,грн | Проектний | Ціна,грн |
|---|------------------------------|-----------|------------------------------|----------|
| 1 | Блок приготування тіста | 945 000 | Блок приготування тіста | 945 000 |
| 2 | Тістоподільник | 530 000 | Екструдер | 330 000 |
| 3 | Тістоокруглювальна машина | 373 000 | Тунельна циклотермічна піч | 3 750000 |
| 4 | Тістозакатна машина | 358 500 | | |
| 5 | Шафа вистоювання | 520 000 | | |
| 6 | Тунельна циклотермічна піч | 3 750000 | | |
| | Загальна вартість обладнання | 6 481 000 | Загальна вартість обладнання | 5030000 |

По зображеним даним спостерігаємо економічну доцільність впровадження обладнання, оскільки це економить 1451000 грн. на обладнанні.

Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання і монтаж базового обладнання:

Таблиця 7.3.

| Обладнання | Ціна, грн | Супутні витрати | | | | Всього, грн |
|----------------------------|-------------|-------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | | Транспортні 5% | Заготівельно-складські 1.1% | Монтаж 8% | Проектні роботи 4% | |
| Блок приготування тіста | 950 000 | 47500 | 10450 | 76000 | 38000 | 171950 |
| Тістоподільник | 330 000 | 16500 | 3630 | 26400 | 13200 | 59730 |
| Тістоокруглювальна машина | 373 000 | 18650 | 4103 | 29840 | 14920 | 67513 |
| Тістозакатна машина | 358 500 | 17925 | 3943,5 | 28680 | 14340 | 64888,5 |
| Шафа вистоювання | 320 000 | 16000 | 3520 | 25600 | 12800 | 57920 |
| Тунельна циклотермічна піч | 3 750000 | 187500 | 41250 | 300000 | 150000 | 678750 |

Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання і монтаж проектного обладнання:

Таблиця 7.4.

| Обладнання | Ціна, грн | Супутні витрати | | | | Всього, грн |
|----------------------------|-----------|-------------------|--------------------------------|--------------|-----------------------|-------------|
| | | Транспортні 5% | Заготівельно-складські 1.1% | Монтаж 8% | Проектні роботи 4% | |
| Блок приготування тіста | 950 000 | 47500 | 10450 | 76000 | 38000 | 171950 |
| Екструдер | 330 000 | 16500 | 3630 | 26400 | 13200 | 59730 |
| Тунельна циклотермічна піч | 3 750000 | 187500 | 41250 | 300000 | 150000 | 678750 |

Кошторисно-фінансовий розрахунок на придбання і монтаж нового базового обладнання складає 7 652 248,24грн, а проектного обладнання складає 4 522 221,38 грн. Отже, доцільніше встановлювати проектне обладнання, таким чином заощаджуючи 2 153 136,16 грн

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

Таблиця 7.5

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

| Технологічне обладнання (базове) | % | Витрати, тис.грн. |
|--|-----|----------------------|
| Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматики | 8.8 | 495 620 |
| Трубопроводи | 4.3 | 241 289 |
| Кабельні розводи (силові) | 0.5 | 28503 |
| Спеціальні роботи | 1 | 57206 |
| Металоконструкції для обладнання | 1 | 56706 |
| Всього | | 876824 |

| Технологічне обладнання (проектне) | % | Витрати тис.грн. |
|--|-----|---------------------|
| Контрольно-вимірювальні прилади та засоби автоматики | 8.8 | 416870 |
| Трубопроводи | 4.3 | 202209 |
| Кабельні розводи (силові) | 0.5 | 23529 |
| Спеціальні роботи | 1 | 47358 |
| Металоконструкції для обладнання | 1 | 47358 |
| Всього | | 737324 |

Потреби у добудові, або будівництві нових споруд не має, оскільки для здійснення монтажних робіт використовуються вже існуючі будівлі і споруди заводу, тому, розрахунки на ці види витрат відсутні.

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

$$K_{інб} = B_i = \frac{K_{обл} \cdot \%B_i}{100} = \frac{5620680 \cdot 2}{100} = 112413,6 \text{ грн.}$$

$$K_{інп} = B_i = \frac{K_{обл} \cdot \%B_i}{100} = \frac{4725790 \cdot 2}{100} = 94515,2 \text{ грн.}$$

Розрахунок об'єму виробництва і реалізації продукції

Об'єм виробництва:

$$A = N_t \cdot F_{\max} \cdot K_{вик}$$

де: N_t – норма технічної продуктивності підприємства.

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

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

Базовий: $N_{T1} = 3,6$ т/доб

Проектний: $N_{T2} = 3,6$ т/доб

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

Базовий:

$$A_1 = N_{m1} \cdot F_{\max 1} \cdot K_{\text{вик1}} = 3.6 \cdot 345 \cdot 0.9 = 1117.8 \text{ т/рік}$$

Проектний:

$$A_2 = N_{m2} \cdot F_{\max 2} \cdot K_{\text{вик2}} = 3.6 \cdot 345 \cdot 0.9 = 1117.8 \text{ т/рік.}$$

Кількість продукції у натуральному і вартісному виразі

Таблиця 7.6.

| Вид розрахунку | Вид продукції | Річний виробіток т/рік | Оптова ціна грн./т. | Товарна продукція грн. |
|----------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| Базовий | Хлібобулочні вироби | 1118,8 | 35000 | 39123100 |
| Проектний | Хлібобулочні вироби | 1118,8 | 35000 | 39123100 |

Розрахунок чисельності працюючих і фонду заробітної плати

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

- Зменшується чисельність персоналу, що обслуговує лінію;
- Зменшується фонд заробітної плати;
- Зменшуються відрахування на заробітну плату;
- Зменшуються відрахування на соціальні потреби;

- Зменшуються відрахування у фонд охорони праці;
- Збільшується продуктивність обладнання.

Дані для розрахунку фонду оплати праці

Таблиця 7.7.

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

Стаття "Заробітна плата обслуговуючого персоналу"

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

$ТС$ – тарифна ставка;

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

N – кількість змін – 2 ;

$Т_{ЗМ}$ – час зміни – 12 год.

Пр – премії – 50% від ФЗП

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

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

Заробітна плата для тістороба:

Базовий: $ЗП_{т}=19,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12=264247,9$ грн.

Так, як на лінії працює два тістороба, тому їхня заробітна плата складатиме 528495,8 грн.

Проектний: не розраховується оскільки послуги тістороба для нової лінії не потрібні.

Заробітна плата для пекаря:

Базовий: $ЗП_{п}=22,6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12=303147,4$ грн.

Так, як на лінії працює два пекаря, тому їхня заробітна плата складатиме 606294,8 грн

Проектний: $ЗП_{п}=22,6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12=303147,4$ грн.

Заробітна плата для оператора:

Базовий: $ЗП_{о}=19,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12=264247,9$ грн.

Так, як на лінії працює три оператора, тому їхня заробітна плата складатиме 792743,7 грн

Проектний: $ЗП_{о}=19,7 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 345 \cdot 1,5 \cdot 1,08 \cdot 12=264247,9$ грн.

Так, як на лінії працює чотири оператора, тому їхня заробітна плата складатиме 1056991,6 грн

Заробітна плата для укладальника:

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

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

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

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

$$CB = \frac{ЗП \cdot \%CB}{100\%}$$

Для тістобобів:

Базовий: $CB_T = 528495,8 \cdot 38,08/100 = 201251,2$ грн.

Для пекарів:

Базовий: $CB_P = 606294,8 \cdot 38,08/100 = 230877$ грн.

Проектний: $CB_P = 303147,4 \cdot 38,08/100 = 115438,5$ грн.

Для операторів:

Базовий: $CB_O = 792743,7 \cdot 38,08/100 = 301876,8$ грн.

Проектний: $CB_O = 1056991,6 \cdot 38,08/100 = 402502,4$ грн.

Для укладальників:

Базовий: $CB_y = 469476 \cdot 38,08/100 = 178776,4$ грн.

Проектний: $CB_y = 234738 \cdot 38,08/100 = 89388,2$ грн.

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

$$ОП = \frac{ЗП \cdot \%ОП}{100\%}$$

Для місторобів:

Базовий: $ОП_{т} = 528495,8 \cdot 8 / 100 = 42279,66$ грн.

Для пекарів:

Базовий: $ОП_{п} = 606294,8 \cdot 8 / 100 = 48503,584$ грн.

Проектний: $ОП_{п} = 303147,4 \cdot 8 / 100 = 24251,792$ грн.

Для операторів:

Базовий: $ОП_{о} = 792743,7 \cdot 8 / 100 = 63419,496$ грн.

Проектний: $ОП_{о} = 1056991,6 \cdot 8 / 100 = 84559,328$ грн.

Для укладальників:

Базовий: $ОП_{у} = 469476 \cdot 8 / 100 = 37558,08$ грн.

Проектний: $ОП_{у} = 234738 \cdot 8 / 100 = 18779,04$ грн.

Річний фонд оплати праці

Таблиця 7.8.

| Професії | Тістороб | | Пекар | | Оператор | | Укладач | |
|---------------------------------------|----------|---|----------|----------|----------|---------|---------|--------|
| Б – базовий | | | | | | | | |
| П – проектний | 2Б | П | 2Б | П | 3Б | 4П | 2Б | П |
| Річний фонд основної заробітної плати | 236232 | - | 374256 | 187128 | 489348 | 652464 | 289800 | 144900 |
| Премії | 163107 | - | 185128 | 92564 | 2446617 | 3262156 | 144900 | 72450 |
| Додаткова заробітна плата | 39148 | - | 44910,8 | 22455,4 | 58721,7 | 78295,6 | 347760 | 173880 |
| Річний фонд заробітної плати | 528494 | - | 606294,8 | 303147,4 | 792743,7 | 1056992 | 469476 | 234738 |

Базовий: $ЗП_{\text{зар1}}=528494+606294,8+792743,7+469476=2397008,5$ грн.

Проектний $ЗП_{\text{зар2}}=303147,4+1056992+234738=1594877,4$ грн.

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

Визначаємо чисельність робітників:

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

4 – чисельність робітників за зміну, чол..

n – кількість змін;

T_{ЗМ} – тривалість зміни;

Кількість годин роботи на рік:

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

Баланс робочого часу:

$$Б = 365 - 104 - 10 = 251 \text{ день}$$

104 – вихідні дні;

10 – святкові ;

$$\text{Базовий: } C_{СП1} = 9 \cdot 345 / 251 = 12,37 \text{ чол.} - Ч_{ПВП1}$$

$$\text{Проектний: } C_{СП1} = 6 \cdot 345 / 251 = 8,24 \text{ чол.} - Ч_{ПВП2}$$

Рівень продуктивності праці

$$ПП = \frac{ТП}{Ч_{ПВП}}$$

Базовий: $ПП_1 = 39123000 / 12,37 = 3162732,5$ грн/чол..

Проектний: $ПП_2 = 39123000 / 8,24 = 4747937$ грн/чол..

Зростання продуктивності праці на лінії за зміною обсягу виробництва:

$$ПП = \frac{A_2 \cdot Ч_{ПВП} \cdot 100}{A_1 \cdot (Ч_{ПВП} - (Ч_1 - Ч_2)) \cdot \frac{Д}{Б}} - 100 = \frac{1117,8 \cdot 12,37 \cdot 100}{1117,8 \cdot (12,37 - (9 - 6) \cdot 251 / 251)} - 100 = 132,01 - 100 = 32,01\%$$

Розрахунок собівартості продукції

Розрахунок зміни витрат на електроенергію:

Базовий:

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

$$= ((1,87 \cdot 0,9 + 1,5 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,9 + 13 \cdot 0,95 + 5 \cdot 0,9 + 6 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,9 + 5 \cdot 0,9) \cdot 1,06 \cdot 0,85 \cdot 7920 \cdot 0,64) / 0,9 = 181715,41 \text{ грн}$$

Проектний:

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

$$= ((4 \cdot 0,9 + 13 \cdot 0,8 + 4 \cdot 0,9 + 3 \cdot 0,95 + 3 \cdot 0,95) \cdot 1,06 \cdot 0,85 \cdot 7920 \cdot 0,64) / 0,9 = 118234,27 \text{ грн}$$

Розрахуємо витрати електроенергії на 1 тонну продукції

Базовий:

$$B_{ел}^T = B_{ен} / Прод = 181715,41 / 900 = 201,2 \text{ грн/т}$$

Проектний:

$$B_{ел}^T = B_{ен} / Прод = 118234,27 / 900 = 131,4 \text{ грн/т}$$

де N - встановлена потужність машини, кВт;

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

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

$K_{\text{ч}}$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна в часі;

T - річний фонд роботи обладнання, год.;

Це - вартість 1 кВт-год електроенергії, грн;

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

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання:

Амортизаційні відрахування:

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

Базовий: $A_1 = 5\,620\,680 \cdot 21,295 / (1,2 \cdot 100) = 997436,505$ грн.

Проектний: $A_2 = 4\,725\,790 \cdot 21,295 / (1,2 \cdot 100) = 838630,81$ грн.

Ремонт обладнання:

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

Базовий: $B_{p1} = 5\,620\,680 \cdot 6 / (1,2 \cdot 100) = 281\,034$ грн

Проектний: : $B_{p2} = 4\,725\,790 \cdot 6 / (1,2 \cdot 100) = 236\,289,5$ грн

Витрати на сировину:

Таблиця 7.9.

| Сировина | Ціна за 1 кг, грн. | Норма витрат | Витрати на 1 т борошна, кг | Сума, грн |
|---|--------------------|--------------|----------------------------|-----------|
| Борошно | 9,5 | 100 | 7353 | 66817,274 |
| Сіль | 3,3 | 1,4 | 10,9 | 33 |
| Цукор | 11,8 | 6 | 44,2 | 519 |
| Дріжджі | 18,5 | 1,3 | 10,5 | 183,3 |
| Маргарин | 15 | 1,5 | 10,03 | 162,35 |
| Вода (ціна в грн/м ³) | 0,6635 | 50 | 367, 5 | 244,56 |
| Олія | 33 | 6 | 44,02 | 1445,96 |
| Всього | | | | 69305,91 |
| Транспортно-заготівельні витрати | | | | |
| на борошно | 21,7 | | 735,4 | 5,4 |
| на сировину | 285,6 | | 119,1 | 11, 4 |
| Всього | | | | 1880,0 |

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

Статті витрат собівартості, що змінюються

Таблиця 7.10.

| № | Статті витрат, що змінюються | Поточні витрати, грн | | Зміна +збільшення |
|---|---------------------------------------|-------------------------|-----------|----------------------|
| | | Базовий | Проектний | -економія |
| 1 | Електроенергія | 115457 | 75775,1 | -39682 |
| 2 | Річний фонд заробітної плати | 239800,85 | 159587,74 | -80213,11 |
| 3 | Відрахування на соціальне страхування | 91377,9 | 60832,8 | -30545,1 |
| 4 | Відрахування у фонд охорони праці | 19276,1 | 12859 | -6417,1 |
| 5 | Амортизаційні відрахування | 998436,5 | 838730,8 | -158805,7 |
| 6 | Повна собівартість продукції | 818257,4 | 609757,9 | -208499,5 |

Визначення основних показників економічної ефективності

Визначаємо додатковий прибуток (обсяг виробництва збільшується):

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

6729156 грн.

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T = K_{\text{заг}} / (\Delta \text{Пр} - n) = 5\,580\,201,38 / (6729156 - 6729156 \cdot 0,25) = 1,1 \text{ роки}$$

Зниження одиниці собівартості продукції (за 1 тонну):

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

Рівень рентабельності продукції:

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

Визначаємо чистий грошовий потік:

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

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

$$TB = \frac{\text{ЧГП}}{(1+p)^t}$$

p – дисконтна ставка, p=20%

t – термін експлуатації від 1 до 7 років.

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

$$TB_1=5885497/(1+0,2)^1=4904580,8\text{грн.}$$

$$TB_2=4904580,8/(1+0,2)^2=3405958,8\text{грн.}$$

$$TB_3=3405958,8/(1+0,2)^3=1971041\text{грн.}$$

$$TB_4=1971041/(1+0,2)^4=950540,6\text{грн.}$$

$$TB_5=950540,6/(1+0,2)^5=383282,5\text{грн.}$$

$$TB_6=383282,5/(1+0,2)^6=128618,3\text{грн.}$$

$$TB_7=128618,3/(1+0,2)^7=35927\text{грн.}$$

$$\Sigma TB=17665446 \text{ грн.}$$

Чиста теперішня вартість:

$$\text{ЧТВ} = \Sigma \text{ТВ} - \text{ПІ} = 17665446 - 5\,580\,201,38 = 12085244,6 \text{ грн.}$$

Дисконтний період повернення інвестицій:

$$\text{ППІ} = \text{ПІ} / \text{ТВ}_{\text{ср}} = 5\,580\,201,4 / 2523635,2 = 2,22 \text{ року}$$

Індекс доходності:

$$\text{ІД} = \text{ЧТВ} / \text{ПІ} \geq 0$$

$$\text{ІД} = 12085244,6 / 5\,580\,201,4 = 2,16 \geq 0$$

Індекс прибутковості:

$$\text{ПІ} = \Sigma \text{ТВ} / \text{ПІ} \geq 1$$

$$\text{ПІ} = 17665446 / 5\,580\,201,4 = 3,15 \geq 1$$

Теперішня вартість:

$$\text{ТВ} = \text{ЧТВ} + \text{ПІ} = 12085244,6 + 5580201,4 = 17665446 \text{ грн.}$$

Техніко-економічні показники проекту

Таблиця 5.11.

| № | Показники | Одиниці виміру | Значення |
|---|---|----------------|-----------|
| 1 | Виробнича потужність | т/добу | 3,6 |
| 2 | Виробнича програма у вартісному виразі | Тис. грн. | 39126000 |
| 3 | Середньоспискова чисельність ПВП | Чол. | 8,24 |
| 4 | Додаткові капітальні витрати (початкові інвестиції) | Грн. | 5580201,4 |

| | | | |
|---|------------------------------|------|------|
| 6 | Термін окупності | Роки | 1,1 |
| 7 | Індекс доходності | | 2,16 |
| 8 | Індекс прибутковості | | 3,15 |
| 9 | Період повернення інвестицій | роки | 2,22 |

По результатам розрахунків ми можемо побачити ряд позитивних факторів, як економія енерговитрат, зменшення обслуговуючого персоналу внаслідок чого зменшується собівартість виробів і відповідно збільшується прибуток та продуктивність праці. Інвестиції повернуться через 2,22 роки.

Висновок

В даній роботі розглянуто питання можливості використання екструзії дріжджового тіста з підігрівом тіста в зоні формування. Зацікавленість саме в методі теплої екструзії, для дріжджового вибродженого тіста, пояснюється в його значних перевагах як економічного так і технологічного та виробничого характерів при екструзії інших харчових мас.

Виходячи з цього за допомогою дослідної установки були проведені дослідження впливу температури тіста та температури матриці на процес екструзії вибродженого дріжджового тіста.

В результаті проведених дослідів можна зробити висновок, що підвищення температури формуючої матриці до 80 °С позитивно впливає на продуктивність екструдера (продуктивність збільшується на 57%) та якість готових виробів, а нагрівання тіста в зоні формування методом електроконтактного нагріву використовувати доцільно при мінімальній різниці радіусів стержня та матриці. Це дозволить досягти більш рівномірного розподілу температур та нагріти об'єм екструдату до більш високої температури. Тобто даний метод доцільно використовувати для виробів, циліндричної форми з невеликою товщиною стінки або для виготовлення виробів методом соекструзії для нагрівання даним методом зовнішній шар.

Також виявлено, що оптимальною температурою для екструзії дріжджового тіста та без дріжджового для екструдування з точки зору більшої продуктивності є температура відповідно 39-42 °С та 42-45 °С.

Виходячи з вище сказаних переваг екструзійної техніки та результатів проведених дослідів нами запропоновано впровадити екструдер з підігрівом тіста в зоні формування в потокову лінію виробництва здобних сухарів. Період повернення інвестицій даної лінії складає 2,2 роки.

Список використаної літератури

1. Медведев Г.М. Технология макаронного производства. – М. 1999. 264с
2. Остриков А.Н., Парфенопуло М.Г., Шевцов А.А. Практикум по курсу технологическое оборудование/ Воронеж 1999 – 424с
3. Мачихин Ю.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Колос, 1992.-272с.
4. Николаев Б.А. Структурно – механические свойства мучного теста. – М. 1976.—248с.
5. Андреев А.Н., Шубин В.Б. Оптимизация процесса формования теста для сладкой соломки. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1982, №8, с. 27-29.
6. Гейштор В.С. Регулирование температуры полуфабрикатов и теста в тестоприготовительном оборудовании. - Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1983, №11, с. 36-37
7. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 208 с.
8. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика . - М.: Знание, 1958. - 63 с.
9. Урьев Н.Б., Талейсник М.А. Физико-химическая механика и интенсификация образования пищевых масс. М.: Пищевая промышленность, 1976. - 234 с.
10. Николаев Б.А. Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов. - М.: Экономика, 1969. - 223 с.
11. Технологическое оборудование пищевых производств / под ред. Б.М. Азарова. - М.: Агропромиздат, 1988. - 456 с.
12. Каплун Я.Б., Ким В.С. Формующее оборудование экструдеров. - М.: Машиностроение, 1969. - 160 с.

13. Ковбаса В.М., Дорохович А.М., Хіврич Б.І. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів. – К.: УкрІНТЕІ, 1995 – 64с. – (Нове у науці, техніці та виробництві: Огляд. інформ. сер. пром. Переробка та зберігання харчових продуктів. Вип.1)
14. Экструзия в пищевой технологии./А.Н. Остриков, О.В. Абрамов, А.С. Рудометкин – СПб.: ГИОРД, 2004, -- 288с.
15. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. – К.: Логос, 2002 – 365с.
16. Штефан Є.В. Моделювання поведінки дисперсних систем у нерівноважних процесах харчових виробництв//Наукові праці УДУХТ. – 2000. - №8. – С. 63-66.
17. Ребиндер П. А, Урьев Н.В., Щукин Е.Д. Физико-химическая механика дисперсных структур в химической технологии. – М.: АН СССР, 1960. – 256с.
18. Романков П.Г., Курочки на М.И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л.:, Химия, 1982. – 288с.
19. Федоткин И.М., Гулый И.С. Математическое моделирование. Теория технологических процессов и их интенсификации. – К.: Арктур-А, 1998. – 416с.
20. Абрамов В.И., Штефан Е.В., Крищук Н.Г. Разработка информационной технологии проектирования процессов производства электротехнического фарфора с повышенными прочностными характеристиками // Энергетика и электрификация. – 1999. - №6. – С.49-54.
21. Сандул О.О., Штефан Є.В., Теличкун Ю.С., Теличкун В.І. Розроблення методики дослідження контактної взаємодії „продукт-екструдер” у процесах пресування тіста // Міжнар. Наук.-техн. конф. „Проблеми та перспективи створення і впровадження нових ресурсо- та

енергоощадних технологій, обладнання в галузях харчової і переробної промисловості”: Тези доп. – К.: УДУХТ. – 1999. –с.64-65

22. Сандул О.О., Штефан Є.В., Теличкун Ю.С., Теличкун В.І. Математичне моделювання процесу формування тіста екструзією // Харчова промисловість. – 2001.вип.46. с.95-98.
23. Мальцев П.М., Зафирная М.В. Технология безалкогольных и слабоалкогольных напитков. – М.: Пищевая промышленность, 1970. – 356с.