

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**“ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТІСТОМІСИЛЬНОЇ  
МАШИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ  
ВИРОБІВ ”**

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-62

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

Святослав САЛАЦЬКИЙ

(Ім'я та прізвище)

Керівник: ст. викладач Олег ЛАКІШ

(Ім'я та прізвище)

Консультант: к.т.н. доцент Руслан ГУМЕНЮК

(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.  
“12” вересня 2024 р.

## ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студенту  
Салацькому Святославу Ігорьовичу

1. Тема роботи: «Дослідження параметрів тістомісильної машини для виробництва хлібобулочних виробів»

Керівник роботи: Лакіш Олег Іванович, ст. викладач

Затверджена наказом по університету від 12.09.2024 року № 616/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 06.12.2024 року

3. Вихідні дані: Літературні джерела за тематикою кваліфікаційної роботи відомих технологічних процесів виробництва та розрахунків технологічного обладнання; Матеріали навчальної, методичної довідкової та наукової літератури; Методики визначення економічної ефективності впровадження нового технологічного рішення.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Актуальність теми, мета і завдання дослідження;  
2. Теоретичні дослідження, розвиток теорії і практики з даного питання;

3. Результати досліджень та їх аналіз;

4. Охорона праці та захист населення;

5. Економічна ефективність результатів;

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список

## 5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: мета та завдання роботи; огляд конструкцій тістомісильних машин; конструктивні удосконалення патентних джерел; технічні характеристики тістомісильних машин періодичної дії з стаціонарними діжами; тістомісильна машина РЗ-ХТІ-3 періодичної дії; залежність продуктивності тістомісильної машини від об'єму та співвідношення між її діаметром та довжиною; залежність тривалості замісу від об'єму робочої камери та частоти обертання робочого органу; залежність продуктивності тістомісильної машини від частоти обертання місильного органу та об'єму місильної камери; залежність продуктивності тістомісильної машини від частоти обертання місильного органу; залежність робочого об'єму від діаметра робочої камери; зведені результати розрахунку енергетичних і техніко-економічних показників тістомісильних машин; висновки та пропозиції.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Гуменюк Р.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

## 7. Дата видачі завдання: 12.09.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: «Актуальність теми, мета і завдання дослідження»	12.09.24-26.09.24	
2.	Виконання другого розділу: «Теоретичні дослідження з даного питання»	27.09.24-16.10.24	
3.	Виконання розділу: «Результати досліджень та їх аналіз»	17.10.24-05.11.24	
4.	Виконання розділу: «Охорона праці та захист населення»	06.11.24-18.11.24	
5.	Виконання розділу: «Економічна ефективність результатів»	19.11.24-27.11.24	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	28.11.24-06.12.24	

Студент \_\_\_\_\_ Святослав САЛАЦЬКИЙ  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Олег ЛАКІШ

(підпис)

УДК 629.979:664.69

Дослідження параметрів тістомісильної машини для виробництва хлібобулочних виробів. Салацький С.І. Кваліфікаційна робота. Кафедра машинобудування. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

71 с. текст. част., 23 рис., 4 табл., 23 джерел.

Проведено огляд конструкцій існуючих тістомісильних машин вітчизняного та закордонного виробництва. На основі проведеного аналізу конструкцій визначені задачі дослідження.

Розроблено теоретичні основи розрахунку машин для приготування тіста виконаних в блочній конструкції. Здійснено основи технологічного і конструктивного розрахунку робочих органів тістомісильної машини.

В результаті проведеного моделювання параметрів тістомісильної машини, обґрунтовано її конструктивні параметри.

Проведено аналіз виробничих небезпек при експлуатації обладнання у хлібопекарному цеху, розроблено логіко-імітаційну модель виникнення травматизму.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи здійснено розрахунки техніко-економічної оцінки конструкцій тістомісильної машини.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Характеристика предмету і об'єкту дослідження	8
1.2 Аналіз наукових досліджень на сучасному етапі	13
1.3 Патентний пошук технічних рішень тістомісильних машин	24
1.4 Обґрунтування актуальності теми роботи	29
1.5 Мета і завдання роботи	30
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗВИТОК ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ 3 ДАНОГО ПИТАННЯ	31
2.1 Основи технологічного розрахунку тістомісильних машин	31
2.2 Програма досліджень	37
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ	39
3.1 Аналіз існуючих машин, вузлів	39
3.2 Обґрунтування параметрів розроблювальної конструкції	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ	54
4.1 Аналіз виробничих небезпек під час виготовлення хлібобулочних виробів	54
4.2 Моделювання процесу виникнення травм та аварій	56
4.3 Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виготовлення хлібобулочних виробів	58
4.4 Розробка заходів щодо захисту населення	62
5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ	64
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	68
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	70

## ВСТУП

Хлібопекарська промисловість України є однією з основних галузей харчової промисловості, яка за виробничими потужностями, механізацією технологічних процесів, асортиментом спроможна забезпечити населення різними видами хлібних виробів. Стаціонарні хлібопекарські підприємства мають важливе значення для підтримки соціальної стабільності в суспільстві. Своєю продукцією, яка була, є і залишиться продуктом номер один, вони забезпечують всі верстви населення та бюджетні організації (Міноборони, МВС, митниці, лікарні, школи та інші).

У процесі розвитку найбільший економічний ефект дають ті рішення, які направлені на раціональне використання сировини і матеріалів, впровадження матеріалозберігаючої техніки та технології. Головним чинником інтенсифікації народного господарства на сьогодні є кардинальне прискорення науково-технічного прогресу, широке впровадження техніки нових поколінь і нових технологій, що забезпечують високу продуктивність і ефективність виробництва. У перспективі ставиться завдання, яке передбачає забезпечення глибокої технічної реконструкції народного господарства на основі сучасних досягнень науки і техніки.

З урахуванням поставлених завдань виробничо-технічна база переробної промисловості вимагає не тільки розширення, але й корінної реконструкції. Більша частина діючого тепер обладнання представлена застарілими машинами та апаратами, що не відповідають сучасним вимогам. Основою технічного переобладнання переробної і харчової промисловостей є наявність в країні розвинутого харчового машинобудування. Завданнями особливої ваги є серійне виготовлення техніки нових поколінь, здатної дати багаторазове підвищення продуктивності праці, відкрити шлях до автоматизації всіх стадій технологічних процесів.

Головним орієнтиром в роботі переробної галузі є перехід від пропозиції виробництва окремих машин до розробки і випуску комплектів

машин, агрегатів і поточкових ліній, які комплексно вирішують питання використання сільськогосподарської сировини, скорочення втрат при її переробці, зберіганні та доставці продукції до споживача.

Головним напрямком розвитку матеріально-технічної бази переробних підприємств є розробка комбінованих або комплектних агрегатів, в яких будуть виконуватись декілька завершених технологічних операцій. Застосування такого обладнання забезпечить компактне розташування обладнання в малих переробних підприємствах при високих техніко-технологічних показниках. Саме цим питанням і присвячена робота.

# 1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Характеристика предмету і об'єкту дослідження

В переробній галузі одним із основних виробничих процесів, які покликані забезпечувати населення високопоживними харчовими продуктами є технологічний процес виробництва хлібобулочних виробів. Потреба людини в хлібі, як в одному з основних продуктів харчування, становить від 300 до 500 г на добу, залежно від віку людини, характеру праці, національних особливостей та економічних факторів.

Хліб містить майже всі поживні речовини, необхідні людині. При правильній технології виробництва вся маса хліба (100 %) є їстівною. Майже половину його сухих речовин становлять вуглеводи (45-55%), з яких основним є крохмаль. Залежно від сорту борошна хліб містить 5-8 % білків [1].

Важливим показником біологічної цінності хліба є вміст у ньому вітамінів. Хліб - основне джерело вітамінів групи В, РР, Е. З мінеральних речовин у ньому є фосфор, кальцій, залізо, магній та ін. За вмістом вітамінів і зольних елементів хліб з низькосортного борошна, і особливо оббивного, переважає хліб, випечений із борошна вищих сортів.

Біологічна цінність хліба залежить від повноцінності білків, вмісту в ньому вітамінів, зольних елементів тощо. В 100 г хліба міститься 5-8 г білку. Фізіологічна цінність білків хліба з борошна вищих сортів становить 20-25 % норми.

Хліб відрізняється від багатьох інших продуктів харчування тим, що добре засвоюється організмом. Це пояснюється тим, що він має пористу, м'яку, еластичну та нелипкий м'якуш, в якому містяться денатуровані білки, частково клейстеризований і розчинений крохмаль, сильно розм'якшені



оболонкові часточки зерна. Тому всі компоненти хліба легкодоступні для дії ферментів травного каналу.

Енергетична цінність хліба досить висока. Так, 100 г його, залежно від виходу і сорту борошна та рецептури тіста, дають організмові 798-1390 кДж, що становить близько 35 % його потреби в енергії.

При виробництві хлібобулочних виробів для споживання населенню, в основному, користуються типовим асортиментом до якого входять наступні види виробів: хліб пшеничний формовий із оббивного борошна; хліб пшеничний формовий із борошна другого гатунку; хліб пшеничний череневий із борошна другого гатунку; хліб пшеничний формовий із борошна вищого гатунку; хліб пшеничний формовий із борошна першого гатунку; хліб житній простий формовий із оббивного борошна; хліб житньо-пшеничний простий формовий із оббивного борошна. Крім хліба виготовляють: батони із пшеничного борошна першого гатунку; булочки міські із пшеничного борошна першого гатунку тощо.

У хлібопекарному виробництві застосовують два основних способи виробництва виробів з борошна: приготування прісних продуктів, для яких характерна відсутність бродіння в проміжному продукті (тісті); макаронні вироби, печиво та інші; приготування хлібних виробів способом бродіння тіста протягом декількох годин [8].

Хлібобулочні вироби поділяють на наступні групи:

- хліб з житнього борошна різних виходів;
- хліб із суміші житнього і пшеничного борошна;
- хліб з пшеничного борошна різних виходів і сортів;
- булочні і здобні вироби з пшеничного борошна (штучні);
- бубликові вироби (бублики, сухарі).

при випіканні хлібобулочних виробів застосовують сировину, яку можна розділити на дві групи:

- основна (вода, борошно, розпушувачі (дріжджі, закваска), сіль, цукор);

- додаткова (жири, молоко, цукор, яйця, насіння вітаміни, ароматичних рослин).

Додаткову сировину додають для підвищення поживної цінності або для надання хлібу певних смакових якостей, аромату.

Є різні способи замісу тіста: безопарний; приготування тіста на густій основі опарі; приготування тіста рідкій опарі; приготування тіста на заквасці (частина дозрілого тіста); приготування тіста на молочно-кислій заквасці.

При безопарному способі одразу замішують всю кількість борошна, води, дріжджів і соляний розчин та піддають механічній обробці у певній послідовності. В борошно заливають воду, соляний розчин і перемішують, після цього добавляють дріжджі і продовжують перемішувати до утворення однорідної маси.

За правильного співвідношенні борошна і допоміжних компонентів тісто після замісу стає сухим на дотик і еластичним. Таке безопарне тісто бродить 2,5-3 години. Для його приготування необхідно не менше 2-2,5% дріжджів (від маси борошна). Температура тіста при цьому повинна бути в межах 28-32 °С. Вона залежить головним чином від температури води (молока) і температури борошна.

Приготування тіста на густій опарі використовується для випікання виробів з характерним смаком, а також з метою зменшення витрат дріжджів. Цей спосіб передбачає дві стадії. На першій стадії готують опару, до її складу входить 40–50 % борошна, дріжджі, 60 % води. Отримана після замісу густа, в'язка маса (опара) бродить при температурі 20–28 °С протягом 4–4,5 год. Потім до неї добавляють решту компонентів, тісто знову замішують і залишають для бродіння при температурі 28–30 °С протягом 1–1,5 год.

Вказаним способом тісто замішують з борошна, що характеризується невеликою підйомною силою, з борошна грубого помелу, що має низьку еластичність клейковини, а також з борошна з якого в результаті зберігання погіршились властивості крохмалю. Недоліком цього способу є необхідність

застосовувати великі місткості для бродіння опари і тіста, а також складність регулювання температури.

Контроль за якістю тіста і поживних виробів для кожної партії борошна роблять пробні випічки. Результати випічок записують в паспорті, які є своєрідною технічною картою, на основі якої виробляють нормативи, що відповідають умовам конкретної хлібопекарні. В паспорт записують дані, починаючи від рецептури тіста і закінчуючи зовнішнім виглядом виробів. Основними елементами технологічної карти (паспорту) є: кількість борошна, кількість води, солі, дріжджів, вага тіста, початкова температура тіста, час бродіння, тривалість замісу, пікова температура тіста, час випікання, зміна властивостей виробу під час охолодження, докладний опис виробів низької і високої якості.

Головним критерієм вибору способу приготування тіста будемо вважати попит споживачів. Дослідження показують, що місцеве населення схиляється до вживання хлібобулочних виробів високої якості і відмінними смаковими властивостями.

Технологічний процес виробництва хлібобулочних виробів на даному підприємстві буде передбачати виконання наступних операцій: транспортування і зберігання сировини; підготовка сировини до застосування: підготовка борошна (просіювання, змішування, аерація); підготовка води і приготування розчинів (соляний, дріжджовий, цукровий); дозування компонентів; заміс тіста: приготування опари; приготування тіста; бродіння тіста; приготування виробів з тіста: розділення тіста; формування тістових заготовок (округлення); вистоювання тістових заготовок: завантаження тістових заготовок у шафу вистоювання; випікання виробів: змащення виробів з тіста; завантаження виробів з тіста у піч; випікання виробів; виймання готових виробів з печі; експедиція: охолодження готових виробів; укладання готових виробів у лотки, контейнери; транспортування хліба на реалізацію [3].

Одним із основних процесів виробництва хлібобулочних виробів є процес приготування тіста, який складається з двох основних операцій: приготування та дозування компонентів і заміс тіста.

Приготування компонентів передбачає виконання операцій просіювання борошна, солі та цукру, приготування розчинів та дозування компонентів.

Просіювання є механічним процесом розділення сировини на фракції за їх розмірами - прохід і сід. Операція просіювання сировини носить контролюючий характер, і яка одночасно сприяє розпушенню та аерації.

Основне призначення дозувальних пристроїв - забезпечити відмірювання заданої кількості матеріалу (або підтримання заданої витрати компонента) з відповідною точністю.

У хлібопекарному виробництві, де застосовується дозування декількох різних видів сировини, раціональним є застосування багатокomпонентних дозувальних пристроїв.

Процес замісу тіста повинен забезпечити не тільки рівномірне змішування компонентів, а й механічне пророблення їх з метою утворення специфічної структури тіста.

Для замісу хлібного тіста застосовують різні типи машин, які залежно від виду борошна, рецептурного складу і особливостей асортименту забезпечують різну механічну дію на тісто. Якість роботи тістомісильних машин визначають органолептично і за показниками якості готових виробів.

Для замісу густої опари і тіста, як правило, користуються однотипними тістомісильними машинами, а для замісу рідких опар - спеціальними змішувачами.

Для отримання високоякісного тіста необхідно процес замісу здійснювати з дотриманням специфіки режиму і оптимальних параметрів процесу: інтенсивності замісу, частоти взаємодії місильної лопаті і тривалості замісу.

## 1.2. Аналіз наукових досліджень на сучасному етапі

Виготовлення продуктів харчування зумовлює ряд специфічних вимог щодо технологічного обладнання, яке при цьому використовується. Так, наприклад, до цих вимог можна віднести наступне:

- висока техніко-економічна ефективність;
- можливість виконання процесів прогресивної технології;
- надійна герметизація і аспірація машин;
- висока зносостійкість робочих органів машин і апаратів;
- висока точність виконання технологічних операцій;
- відповідність машин і агрегатів вимогам правил охорони праці і забезпечення виробничої санітарії;
- автоматизація контролю і регулювання робочих процесів;

Відносно машин для приготування опари та тіста, то серед характерних санітарно-гігієнічних та технологічних вимог можна виокремити наступні: висока адгезійна стійкість; нейтральність матеріалу робочого органа та місильної камери до впливу на них тіста та опари; можливість зручного виконання операцій очищення та миття робочих органів; низька шумність та вібрація тощо.

Для замісу густої опари і тіста, як правило, користуються однотипними тістомісильними машинами.

Для отримання високоякісного тіста необхідно процес замісу здійснювати з дотриманням специфіки режиму і оптимальних параметрів процесу: інтенсивності замісу, частоти взаємодії місильної лопаті і тривалості замісу [6].

За видом роботи місильні машини поділяють на машини періодичної та неперервної дії.

Місильні машини періодичної дії мають стаціонарні місильні ємкості (діжі) і змінні (підкатні діжі). Діжі бувають нерухомими, з вільним і примусовим обертанням.

Особливістю роботи тістомісильних машин періодичної дії з підкатними діжами є те, що перед замісом в діжу завантажується певна кількість компонентів, діжу підкочують і фіксують на фундаментній плиті тістомісильної машини. Після замісу діжу з тістом відкочують для бродіння, де відбувається його дозрівання протягом декількох годин.

У тістомісильних машинах із стаціонарними діжами замішане тісто одразу ж вивантажується з діжі і подається на бродіння у спеціальну ємкість.

Найбільш розповсюдженими схемами тістомісильних машин з підкатними діжами є тістомісильні машини (рис. 1.1) з [6]:

- поступальним круговим рухом похилої місильної лопаті (Стандарт, ТММ-1М, Т1-ХТ2А);
- спіралеподібною або фігурною місильною лопаттю, яка обертається навколо вертикальної осі (А2-Т2-64);
- несиметричною місильною лопаттю, вісь якої зміщена від центру нерухомої діжі (А2-ХТБ, А2-ХТМ, А2-МТ2-Э).

До тістомісильних машин періодичної дії зі стаціонарними діжами (рис.1.2) відносяться машини з:

- спареними горизонтальними лопатями (Т2-М-63);
- горизонтальним багатолопатевою валом з Z-подібними лопатями (ТММ-120).

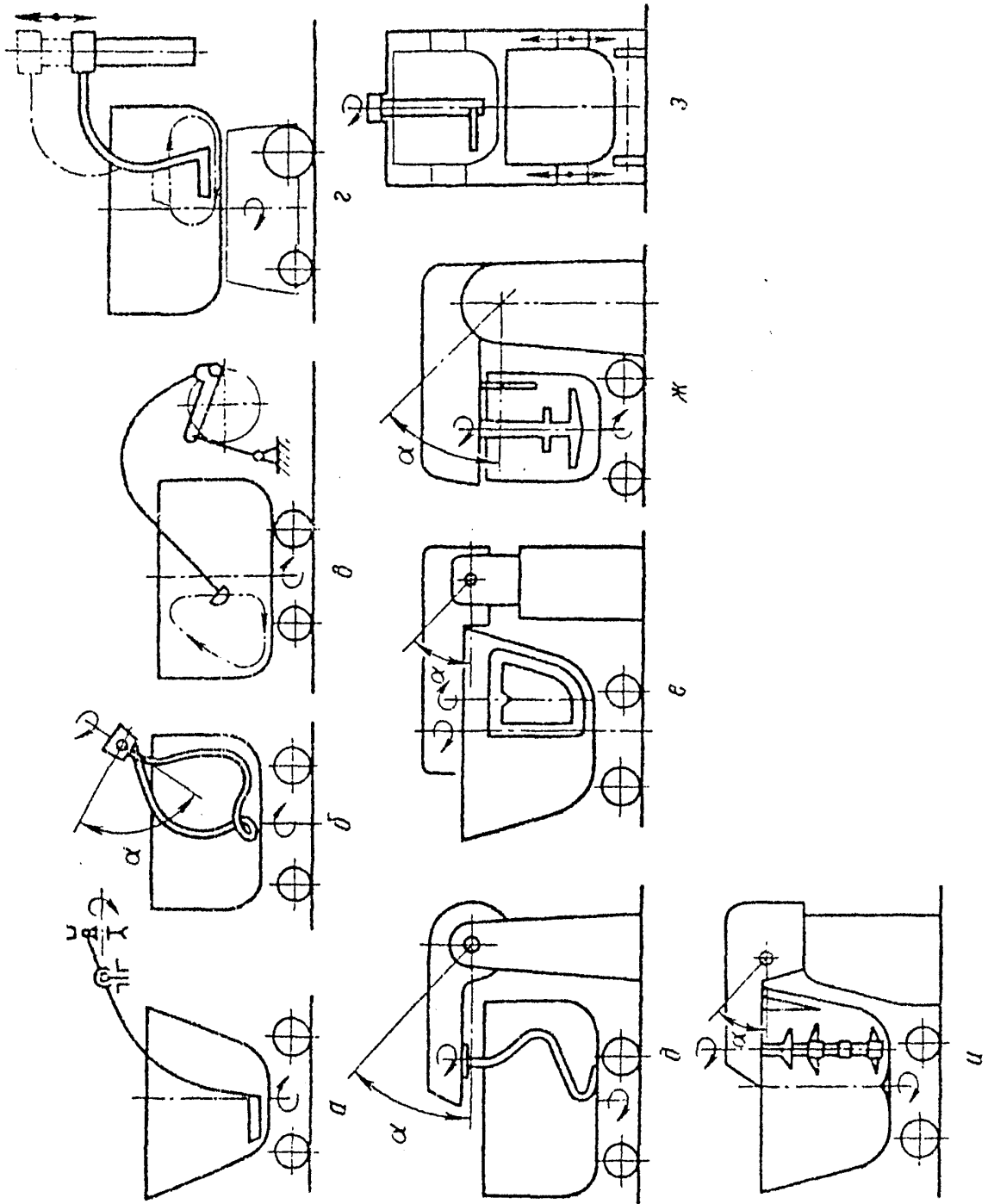


Рисунок 1.1 - Схеми гістомісильних машин з підкатними діжами.

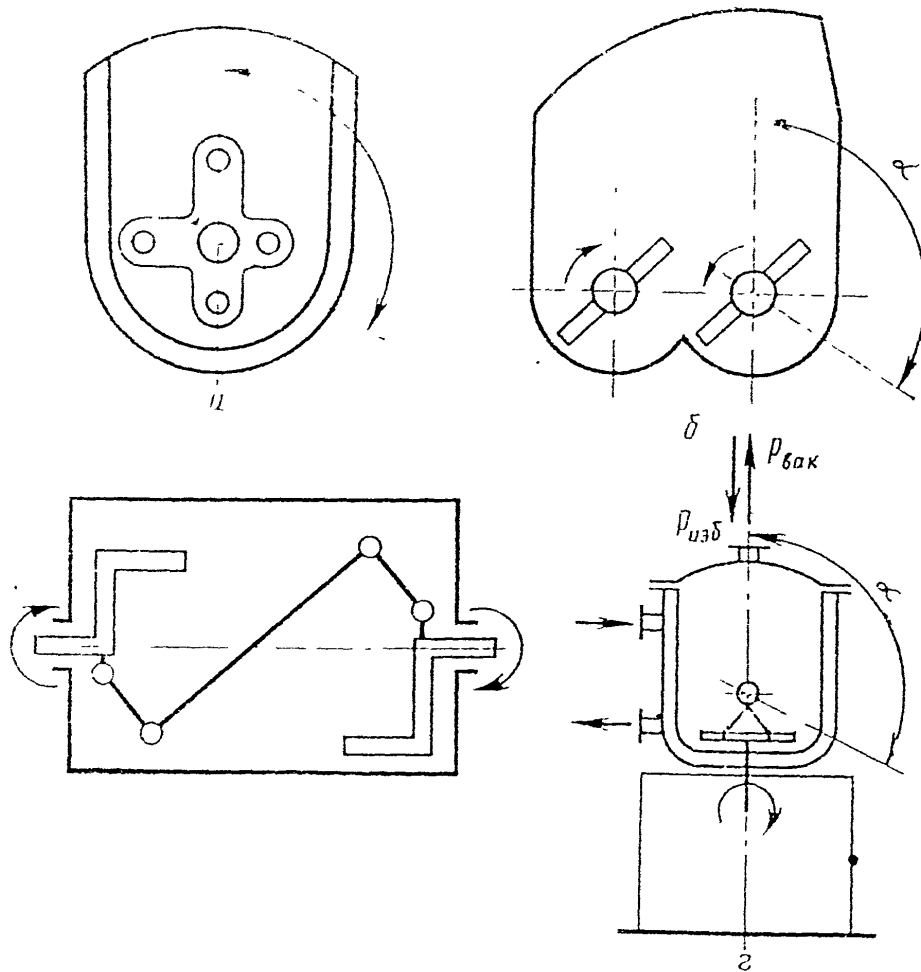


Рисунок 1.2 - Схеми тістомісильних машин з стаціонарними діжами.

### *Тістомісильна машина ТММ-120*

Тістомісильна машина ТММ-120 (рис. 1.3) складається зі станини, короба, приводу та механізму перекидання.

Станина виконана з плити 1 і двох боковин 3, які стягнуті стяжками 5. На плиті встановлено привід, який складається з електродвигуна 4 та черв'ячного редуктора 2.

Для забезпечення відповідного теплового режиму при замісі тіста короб 6 виконаний у вигляді ємкості 16 з подвійними стінками, між якими циркулює вода. Подача і злив води здійснюється за допомогою штуцерів 7 і 15. Тепловий режим підтримується регулюванням кількості і температури води.



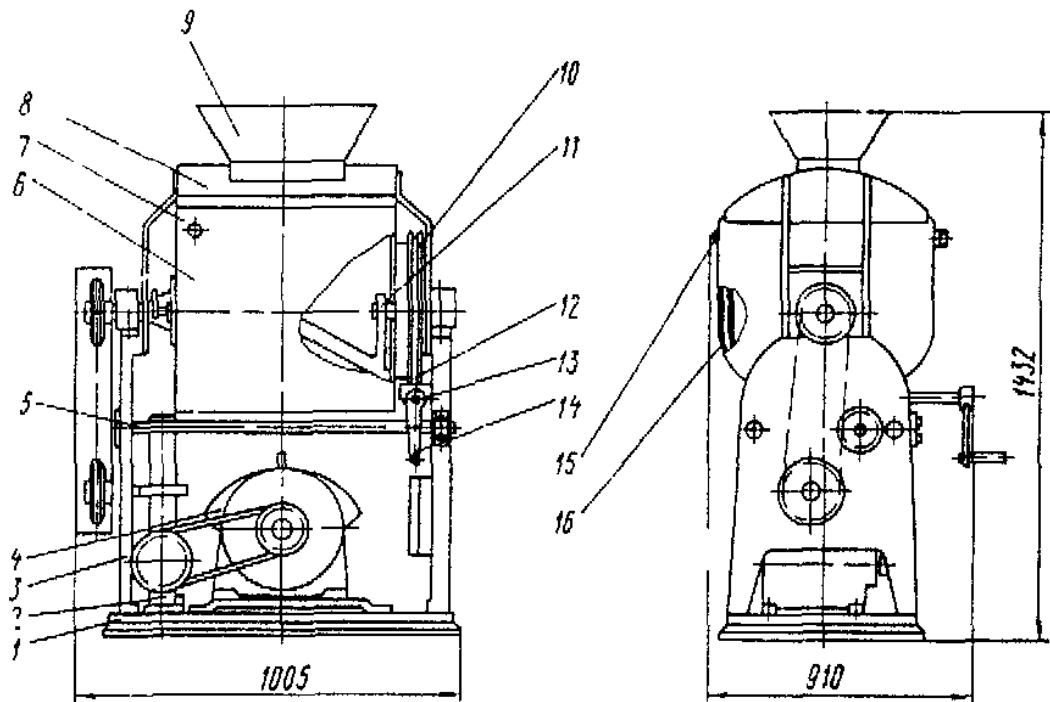


Рисунок 1.3 - Загальний вигляд тістомісильної машини ТММ-120:

1-плита; 2-черв'ячний редуктор; 3-боковина; 4-електродвигун; 5-стяжка; 6-короб; 7,15-штуцери; 8-кришка; 9-завантажувальна горловина; 10-черв'ячний сектор; 11-місильні лопаті; 12-механізм перекидання; 13-черв'як; 14-ручка.

Заміс тіста здійснюється Z-подібними лопатями 11, які розміщені під кутом  $90^\circ$  одна до другої.

Для вивантаження готового тіста застосовують механізм перекидання, який складається з черв'яка 13, черв'ячного сектора 10 та ручки 14.

Завантаження компонентів, вивантаження тіста та спостереження за процесом його замісу здійснюють через завантажувальну горловину 9 кришки 8.

#### **Працює тістомісильна машина ТММ-120 наступним чином.**

Після завантаження в короб відповідної кількості борошна та інших компонентів вмикають машину. Заміс тіста здійснюється Z-подібними лопатями, що розміщені на горизонтальному валу. Після закінчення процесу вимикають електродвигун приводу місильного органа. Вивантаження

готового тіста для наступної обробки здійснюється вручну за допомогою механізму перекидання.

Звільнений короб ручкою приводу механізму повороту повертають у початкове положення для здійснення наступного циклу замісу тіста.

Кінематична принципова схема тістомісильної машини ТММ-120 наведена на рис. 1.4.

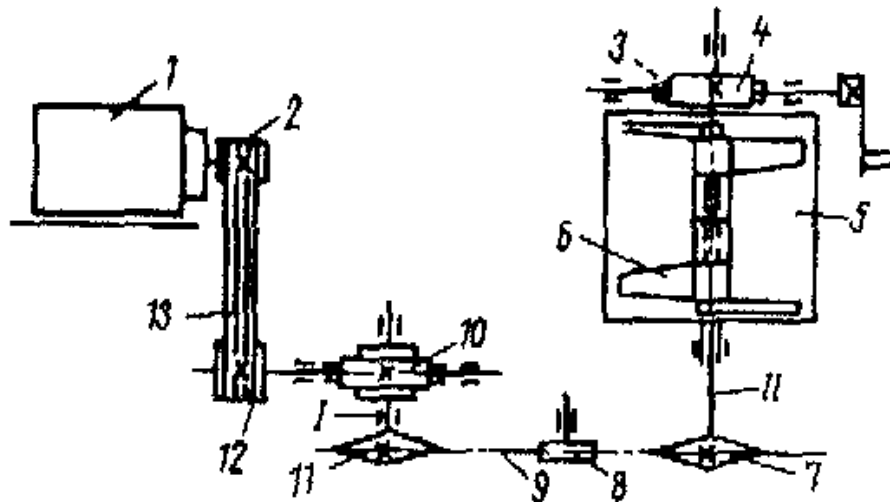


Рисунок 1.4 - Кінематична принципова схема тістомісильної машини ТММ-120:

I-вал механізму перекидання; II-вал приводу місильних лопатей; 1-електродвигун; 2,12-шківні клинопасової передачі; 3-черв'ячний сектор; 4-черв'як; 5-короб; 6-лопаті; 7,11-зірочки; 8-натяжний ролик; 9-ланцюг ( $t=38\text{мм}$ ); 10-черв'ячний редуктор; 13-клиновий пас.

#### *Тістомісильна машина Т2-М-63*

Тістомісильна машина Т2-М-63 (рис.1.5) складається зі станини 1, місильного короба 2, переднього 3 і заднього 4 валів з місильними лопатями, кришки 5 з завантажувальним отвором, механізму повороту корита 6, привідного механізму місильних органів 7 та двох електродвигунів.

Привідні механізми закриті кожухами 8 і 9. Все електрообладнання змонтоване у спеціальній шафі 11.

Вали місильних лопатей розміщені паралельно у горизонтальній площині.

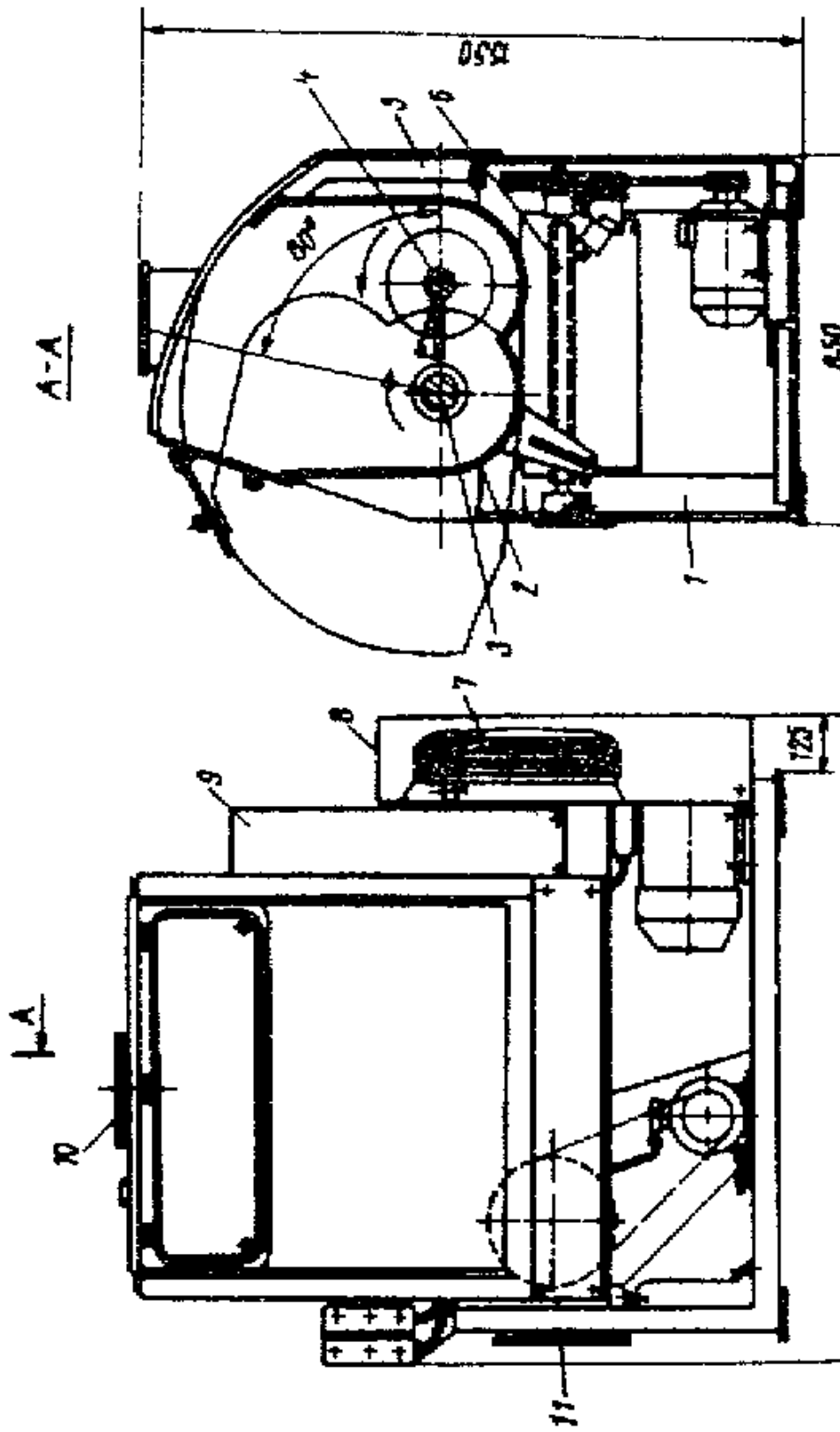


Рисунок 1.5 - Загальний вигляд тістомісильної машини Т2-М-63:

1-станина; 2-місильний короб; 3,4-вали з місильними лопатями; 5-кришка; 6-механізм повороту місильного  
 короба; 7-привідний механізм місильних

### Працює тістомісильна машина Т2-М-63 наступним чином.

Завантаження борошна і рідких компонентів здійснюється через завантажувальну горловину при ввімкненому електродвигуні приводу місильних лопатей. Процес замісу тіста полягає у перетиранні продукту між двома лопатями, що обертаються, і стінками короба.

Після закінчення процесу замісу тіста вимикають електродвигун приводу місильних лопатей і вмикають електродвигун приводу повороту місильного короба. Вивантаження відбувається через вивантажувальний люк, який закривається відкидною кришкою.

Кінематична принципова схема тістомісильної машини Т2-М-63 наведена на рис.1.6.

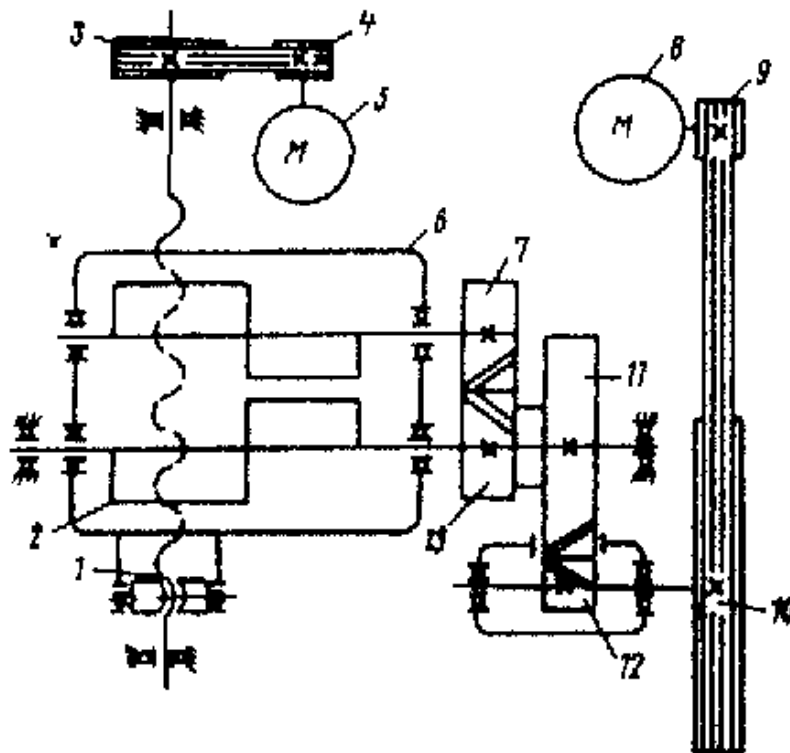


Рисунок 1.6 - Кінематична принципова схема тістомісильної машини Т2-М-63:

1-механізм повороту місильного короба; 2-місильні лопаті; 3,4,9,10-шківні клинопасових передач; 5-електродвигун приводу механізму повороту

місильного короба; 6-місильний короб; 7,11,12,13-зубчаті колеса; 8-електродвигун приводу місильних органів.



Рисунок 1.7 - Тістомісильна машина Hurakan HKN-25HN

Тістомісильна машина Hurakan HKN-25HN використовується на підприємствах громадського харчування та торгівлі для замісу дріжджового тіста, крутого тіста для приготування пельменів, чебуреків та домашньої локшини, кондитерських мас та ковбасного фаршу.

Тістоміс горизонтального типу

Призначений для замісу дріжджового тіста, для кондитерських виробів, кондитерських мас, ковбасного фаршу і т.д.

Об'єм діжі: 50л

Максимальне завантаження: 25кг

Швидкість обертання: 40 об/хв

Габарити: 820x605x735 мм

Підключення: 2,2 кВт, 220 В

Вага: 75 кг



Рисунок 1.8 – Тістомісильна машина горизонтальна GoodFood SM5

Застосовується для замішування крутого тіста.

Дежа та спіраль тістомісу з нерж.сталі.

Технічні характеристики:

Розмір діжі 280x225x255h.

Діжа повертається на 90 градусів для вивантаження тесту.

Разове завантаження тесту 5кг, час одного замісу 10-15 хв.

Одна швидкість обертання.

функція реверс.

Напруга 220В.

Потужність 0,55 квт.

Габарити: 610x380x610 мм.

Вага 33 кг.



Рисунок 1.9 - Тістомісильна машина GoodFood SM13JBEST

- Завантаження – 12,5 кг
- Швидкість - 1
- Реверс – є
- Швидкість обертання валу – 18 об/хв.
- Матеріал діжі та робочих органів - нержавіюча сталь
- Матеріал корпусу - фарбована сталь
- Діжа повертається на 90 градусів для розвантаження

Тістомісильна машина - це, по суті, справи універсальне обладнання, як для бездоганного перемішування різних видів фаршу (м'ясний, рибний) з додаванням необхідних інгредієнтів, так з успіхом може використовуватися як для замісу тіста, особливо крутого для пельменів, чебуреків, макаронних виробів та ін. з яким не справляються традиційні тістоміси

Дане обладнання є незамінним при виготовленні заморожених напівфабрикатів, ковбасному виробництві або м'ясних магазинах.

Фаршемес має гвинтові лопаті, які чудово справляються з перемішуванням інгредієнтів у всій ємності. Надійна система шестерень передає момент, що обертається, від мотора до робочих лопатей. Для зручного розвантаження готового продукту ємність обертається на 90 градусів, що дозволяє ефективно виробляти великі обсяги продукції без зайвих затримок.

Місткість та місильні органи фаршемесу виготовлені з нержавіючої сталі, що гарантує довговічність використання та легке очищення від залишків продуктів.

Купуючи цю машину ви отримуєте надійне та високоякісне обладнання, яке значно спростить процес приготування фаршу та тіста, дозволить досягти ідеального результату за вашими рецептами. Не пропустіть можливості підвищити ефективність та якість роботи свого підприємства за допомогою цього передового пристрою

### 1.3. Патентний пошук технічних рішень тістомісильних машин

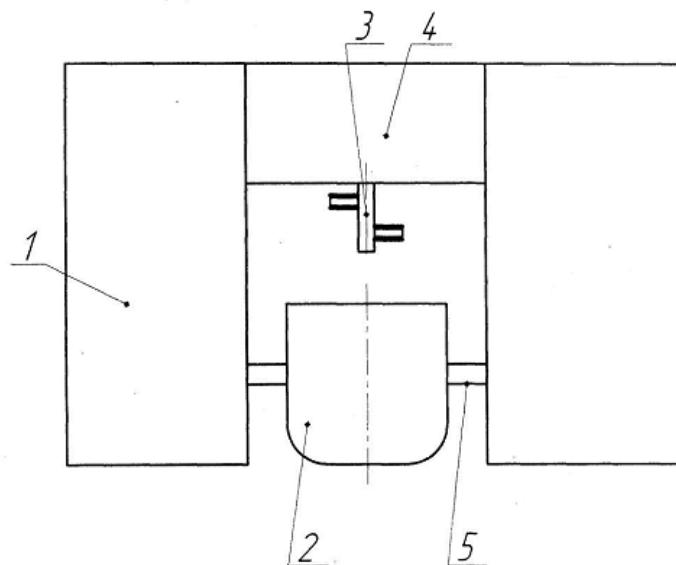


Рисунок 1.10 - Тістомісильна машина. Патент на винахід UA 98577 C2



Винахід належить до хлібопекарського виробництва, а саме до обладнання для періодичного приготування опари і тіста, може бути використана на підприємствах хлібопекарської промисловості.

Принцип роботи тістомісильної машини. Діжа 2 з компонентами тіста підкочується під привод 4, який розташований в станині 1. Підйомником 5 діжа піднімається вгору, після нього вал з місильними лопатями 3 виконує заміс.

Впровадження тістомісильної машини з особливо розташованими робочими органами циліндричної форми та використання реверсивною режиму замісу покращить якість перемішування тіста, підвищить ефективність роботи тістомісильного обладнання та суттєво зменшить час замісу. При цьому відбудеться зменшений витрат енергії на процес.

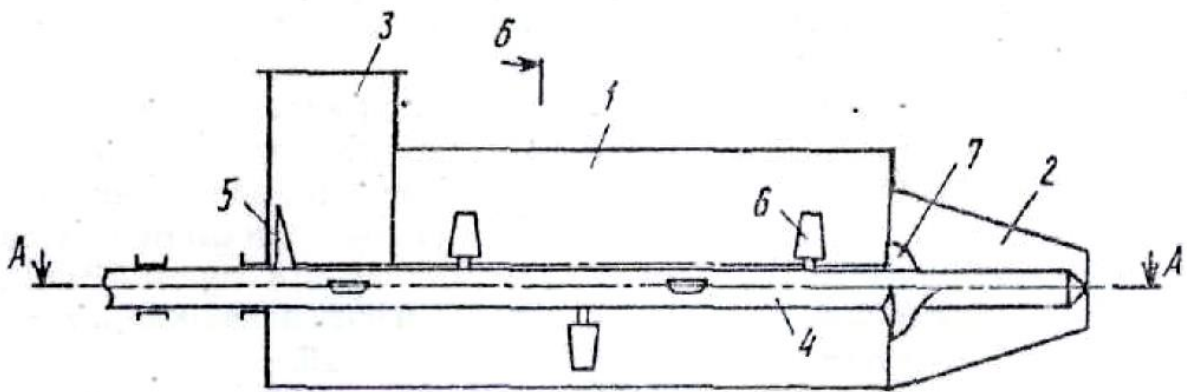


Рисунок 1.11 - Тістомісильна машина для приготування тіста і густої опари. Патент на винахід SU 1722352 A1

Винахід відноситься до обладнання для хлібопекарної промисловості. У нерухомій циліндричній камері 1 встановлений горизонтальний вал 4. Вісь вала А розташована нижче осі циліндричної камери на 0,1-0,2 його радіуса. На виході камери 1 співвісно з валом 4 змонтована конічна насадка 2. На валу 4 укріплені місильні лопатки 6, похилі лопаті 7 і торцевий ніж 5 для зачистки стінки. Нахилені лопаті 7 мають висоту, рівну 0,3-0,4 максимального радіуса насадки.

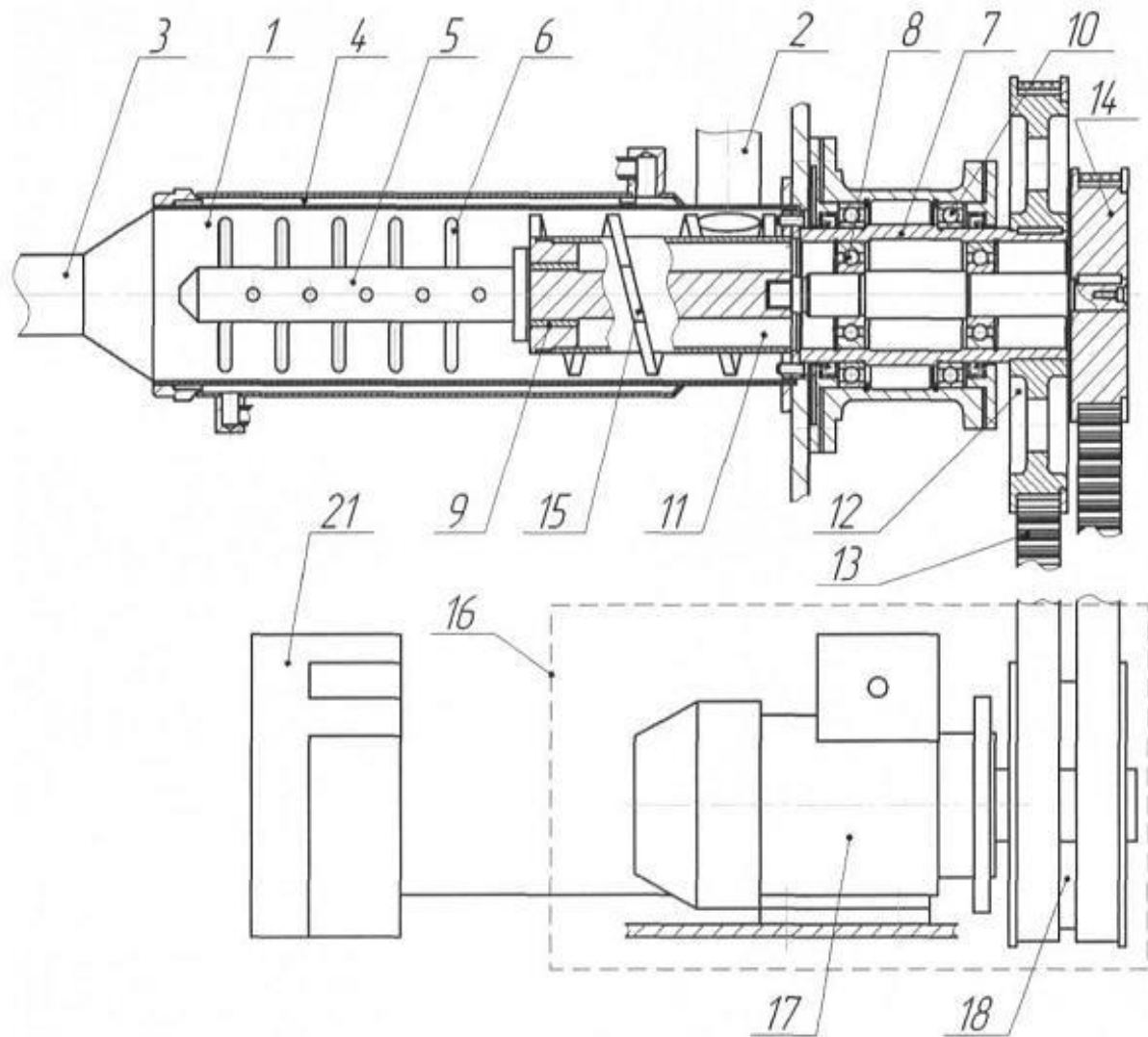


Рисунок 1.12 - Тістомісильна машина безперервної дії. Патент UA 83944 U

Корисна модель належить до харчової промисловості і може бути використана на хлібопекарських підприємствах та підприємствах громадського харчування для виготовлення тіста хлібобулочних виробів.

Тістомісильна машина безперервної дії складається (Рис. 1.12.) з робочої камери 1 із завантажувальним 2 і вивантажувальним 3 патрубками та тепловою сорочкою 4. Всередині місильної камери розташовано місильний вал 5, на якому встановлено пальці 6. Місильний вал 5 розміщено всередині пустотілого вала 7 на підшипниках 8 та на підшипнику 9 місильного вала. Пустотілий вал 7 обертається у підшипниках 10 пустотілого вала. На пустотілому валу 7 встановлено шнек 11 та другий ведений шків 12 пасової

передачі 13, а на місильному валу 5 встановлено ведений шків 14. Шнек 11 може мати пази 15 на поверхні витків. Місильний і пустотілий вали приводяться в дію за допомогою приводу 16, який складається із електродвигуна 17, ведучого шківа 18 та пасової передачі 13. Другий ведений шків 12 пасової передачі має зовнішній діаметр більший, ніж зовнішній діаметр веденого шківа 14. З метою розширення технологічних можливостей тістомісильної машини вона може бути обладнана електродвигуном 19 та другим ведучим шківом 20 та частотним перетворювачем 21. Тістомісильна машина безперервної дії працює наступним чином. Через завантажувальний патрубок 2 в робочу камеру 1 дозується вода, борошно та інші рецептурні компоненти. При увімкненні приводу 16 починають обертатись місильний вал 5 і пустотілий вал 9. Внаслідок 20 виконання другого веденого шківа 12 пасової передачі більшого зовнішнього діаметра, аніж ведений шків 14 пустотілий вал 9 обертається із меншою частотою, ніж місильний вал 5. За рахунок цього шнеком здійснюється ефективно змішування борошна з водою, а пальцями 6 проводиться інтенсивна пластифікація тіста, завдяки чому підвищується його якість. Наявність пазів 15 на поверхні витків шнека 11 дозволяє підвищити інтенсивність змішування компонентів та оптимізувати інтенсивність осьової подачі сировини вздовж робочої камери 1. Після первинного змішування тісто рухається далі уздовж робочої камери 1 і потрапляє в зону діяння місильного вала 5 з пальцями 6. В цій зоні проводиться вимішування та пластифікація тіста, внаслідок чого воно набуває свої кінцевої консистенції. Задля підтримання оптимальної температури замісу тістомісильна машина обладнана тепловою сорочкою 4. Готове замішане тісто виводиться з робочої камери крізь вивантажувальний патрубок 3.

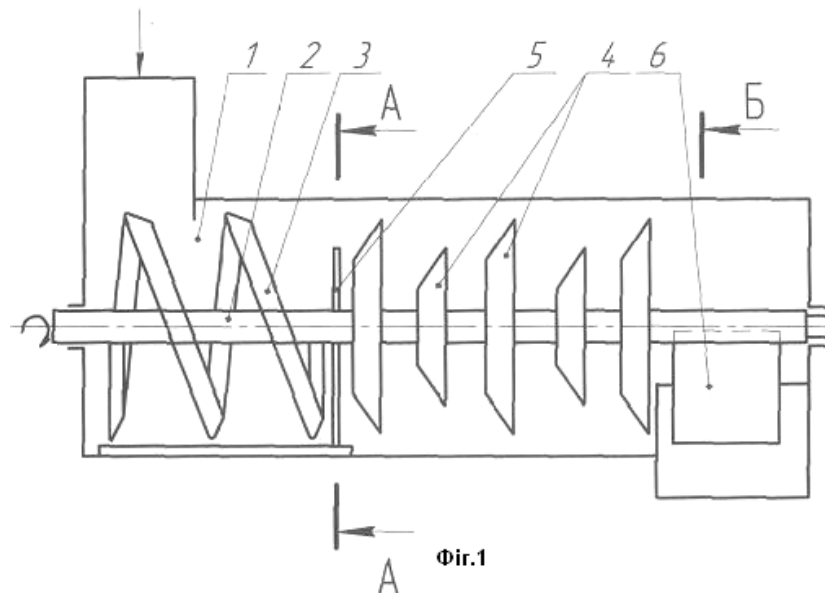


Рисунок 1.13 - Тістомісильна машина. Патент UA 21204 U

Тістомісильна машина має робочу камеру 1, на головному валу 2 закріплений змішувачий гвинтовий робочий орган 3 і пластифікуючі тарілчасті робочі органи 4 меншого та більшого діаметрів. Перегородка 5 відділяє зону перемішування від зони пластифікації, а скребок 6 призначений для упорядкування вивантаження тіста.

Машина працює так. В робочу камеру 1 завантажують компоненти та вмикають привод через систему автоматичного керування. Замішування виконується внаслідок перемішування компонентів гвинтовим робочим органом 3 та пластифікуючими тарілчастими робочими органами 4 меншого та більшого діаметрів, які розміщені на головному валу 2 послідовно, що забезпечує його раціональне переміщення. Пластифікація тіста досягається поверхнею тарілчастих робочих органів 4 з невеликим зміщенням шарів при обтіканні дискових тарілок, що теоретично і практично встановлено в теорії перемішування. Пропонована машина дозволяє замішувати густі опари, житнє і пшеничне тісто із рецептурних компонентів, забезпечує високоінтенсивний і високоякісний заміс тіста, а також може бути використана для приготування інших сумішей. Конструкція машини передбачає повну механізацію і автоматизацію процесів.

## 1.4 Обґрунтування актуальності теми роботи

Виробництво хлібобулочних виробів, як і будь-яке інше харчове вимагає від виробників дотримання санітарно-гігієнічних вимог виробництва. Серед санітарно-гігієнічних вимог можна виділити вимоги, що стосуються: виробничої санітарії стосовно облаштування виробничого приміщення; санітарні вимоги до технологічного обладнання, яке приймає участь в обробці продуктів харчування; санітарно-гігієнічні вимоги до персоналу, які безпосередньо задіяні у виробничому циклі виробництва харчових продуктів; гігієнічні вимоги до сировини харчового виробництва, а також вимоги щодо дотримання гігієнічних способів обробітку продуктів.

Серед основних технологічних вимог щодо сировини та продуктів переробки сировини є застосування такої технологічної послідовності та такого виробничого обробітку, який забезпечить належну чистоту готової продукції без небажаних сторонніх включень та домішок, що можуть нанести шкоду здоров'ю людини.

Однією із особливостей малих переробних підприємств і, зокрема, хлібопекарних є комплектування їх поточкових ліній малогабаритним обладнанням, яке має вузьке технологічне призначення. Це призводить до того, що у таких підприємствах рідко застосовується комбіноване обладнання, яке дозволило б саме в умовах малих обсягів виробництва, браку коштів на закупівлю технологічного обладнання та інших обмежувальних чинниках досягнути високої ефективності. Тому для малих переробних підприємств було б доцільним комплектувати поточкові лінії комбінованими і комплектними обладнаннями. Одним із таких комбінованих рішень є розробка тістомісильної машини, в якій сумісно виконуються операції підготовки компонентів, відмірювання їх доз та заміс тіста.

Використання такої машини дозволить не тільки об'єднати операції приготування, дозування компонентів і заміс тіста, а й вилучить з технологічного ланцюгу операцію міжопераційного транспортування.

### **1.5 Мета і завдання роботи**

Метою даної роботи є дослідження тістомісильної машини для забезпечення технологічного процесу приготування тіста, і на основі цього виявлення можливості знаходження додаткових ресурсів щодо покращення технологічного ефекту від виконання даного процесу.

Завдання роботи:

1. Огляд сучасних засобів для приготування тіста;
2. Аналізу технологічного процесу приготування тіста на обладнанні з різним принципом дії;
3. Дослідження конструктивних параметрів тістомісильної машини;
4. Моделювання раціональних геометричних параметрів тістомісильної машини.
5. Розрахунок економічної ефективності роботи

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, РОЗВИТОК ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ З ДАНОГО ПИТАННЯ

### 2.1. Основи технологічного розрахунку тістомісильних машин

Продуктивність тістомісильної машини (кг/год) визначаємо за рівнянням

$$Q_M = Q_{II} \frac{100 + Y}{100} k_0, \quad (2.1)$$

де  $Q_{II}$  – продуктивність печі за гарячим хлібом, кг/год;

$Y$  – впікання, % до гарячого хліба;

$k_0$  – коефіцієнт можливих зупинок для регулювання і очищення. Для машин періодичної дії  $k_0=1,2-1,3$ .

Потім визначаємо місткість місильної камери, м<sup>3</sup>:

$$V = \frac{Q_M \cdot (\tau + \tau_\delta)}{3600 \cdot \rho \cdot k_2}, \quad (2.2)$$

де  $\tau_\delta$  – час допоміжних операцій, сек;

$k_2$  – коефіцієнт заповнення місильної камери; для машин періодичної дії,  $k_2=0,4-0,5$ .

При виконанні перевірного розрахунку продуктивність тістомісильної машини періодичної дії (в кг/год) при відомій місткості діжі визначаємо так:

$$Q = \frac{3600 \cdot V \cdot \rho \cdot k_2}{(\tau + \tau_\delta)}. \quad (2.3)$$

Витрата енергії визначається при аналізі робочого процесу з метою вдосконалення його механізму та обґрунтуванні раціональних параметрів, а також при розрахунку тістомісильної машини.

У більшості сучасних тістомісильних машинах заміс здійснюється внаслідок обертового руху однієї, або декількох місильних лопатей. Складемо баланс споживання енергії для тістомісильної машини з обертовим рухом місильних лопатей. Для спрощення методики спочатку складемо баланс енерговитрат на один цикл (оберт) місильної лопаті, а потім проведемо розрахунок за період замісу, Дж:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4, \quad (2.4)$$

де  $A_1$  – робота, що затрачається на перемішування маси;

$A_2$  – робота, що затрачається на переміщення місильних лопатей;

$A_3$  – робота, що затрачається на нагрівання тіста і дотичних до нього металевих частин машини;

$A_4$  – робота, що використовується на зміну структури тіста.

Для знаходження розрахункових залежностей використаємо модель місильного органа у вигляді обертового вала, на якому закріплено декілька місильних лопатей прямокутної форми, встановлених з нахилом до твірних під кутом  $\alpha$ .

За один оберт елементарна ділянка місильної лопаті шириною  $dx$ , що міститься на відстані  $x$  від центру обертання, переміщує елементарну масу:

- по колу

$$dm = 2\pi\rho(1-k)b \cos(90-\alpha)xdx, \quad (2.5)$$

- в осьовому напрямку

$$dm_1 = 2\pi\rho kb \cos(90-\alpha)xdx, \quad (2.6)$$

де  $k$  – коефіцієнт подачі тіста, що показує, яка частка маси, захоплена місильною лопаттю, переміщується в осьовому напрямку; для такого типу лопатей  $k = 0,1-5$ ;

$b$  – висота лопаті, м;

$\alpha$  – кут атаки лопаті;

$\rho$  – густина тіста, кг/м<sup>3</sup>.



Маса  $dm$  переміщується по колу зі швидкістю  $v = 2\pi xn$ , а маса  $dm_1$  – в осьовому напрямку із середньою швидкістю  $v = Sn$ , де  $S$  - крок твірної нахилу лопаті.

Елементарна робота змішування рівна кінетичній енергії, яку елементарна ділянка передає масі тіста:

$$dA = \frac{dmv^2}{2} + \frac{dm_1v_1^2}{2}. \quad (2.7)$$

Робота змішування, що здійснюється по всій поверхні  $a$  лопатей, рівна  $r_2$ :

$$A_1 = a \int_{r_1}^{r_2} \left( \frac{dmv^2}{2} + \frac{dm_1v_1^2}{2} \right). \quad (2.8)$$

Після підстановки значень  $dm$  і  $dm_1$  та інтегрування одержуємо вираз для розрахунку роботи, витраченої на переміщення маси компонентів у місильній камері. У ньому не враховується робота, яка витрачена на подолання тертя між частинами маси, що рухаються. Ця робота буде врахована в розрахунку при визначенні витрати енергії на нагрівання тіста.

$$A_1 = ab\pi n^2 \cos(90 - \alpha)(r_2^2 - r_1^2) \left[ (1 - k)\pi^2(r_2^2 - r_1^2) + kS^2 / 2 \right]. \quad (2.9)$$

Робота, що витрачається на обертання маси місильних лопатей  $A_2$ , може бути визначена наступним чином.

Визначимо елементарну масу однієї лопаті у вигляді

$$dm_{\text{л}} = b\delta\rho_{\text{л}}dx, \quad (2.10)$$

та лінійну швидкість її обертання

$$v = 2\pi xn. \quad (2.11)$$

Введемо ці значення у диференціальне рівняння роботи для  $a$  для місильних лопатей і проінтегруємо його в області від  $r_1$  до  $r_2$ :

$$A_2 = a \int_{r_1}^{r_2} \frac{b\delta\rho_{\text{л}}(2\pi xn)^2}{2}, \quad (2.12)$$

звідки

$$A_2 = a \frac{2}{3} ab\delta\rho_{\text{л}}\pi^2 n^2 (r_2^3 - r_1^3). \quad (2.13)$$

Робота, що витрачається на нагрівання тіста і металоконструкцій тістомісильної машини:

$$A_3 = \frac{m_T c_T (t_2 - t_1) + m_M c_M (t_4 - t_3)}{\pi \tau}, \quad (2.14)$$

де  $m_T$  – маса тіста, що міститься в місильній посудині, кг;

$m_M$  – маса металоконструкції машини, що нагрівається під час замісу, кг;

$c_T$  і  $c_M$  – середні теплоємності тіста і металу, Дж/(кг·К);

$t_1, t_2$  – температура маси на початку і в кінці змішування, °С;

$t_3, t_4$  – температура лопаті на початку і в кінці процесу, °С;

$n$  – частота обертання місильної лопаті, с<sup>-1</sup>;

$\tau$  – тривалість замісу, с.

З деяким допуском можна прийняти, що температура тіста і дотичних до нього металевих деталей однакова, тоді

$$A_3 = \frac{t_2 - t_1}{n \cdot \tau} (m_T c_T + m_M c_M). \quad (2.15)$$

При розрахунку тістомісильних машин неперервної дії у цьому рівнянні останній вираз не враховується.

Також можна використати аналітичний метод розрахунку  $A_3$ , який дозволяє уточнити розрахунок робочого процесу тістомісильної машини і визначити дійсну його інтенсивність. На основі сучасного розвитку теорії процесу одержано рівняння для розрахунку роботи, витраченої на нагрівання тіста при замішуванні:

$$A_3 = 124 \cdot a \cdot \mu \cdot n \cdot \left( \frac{r_4^2 - r_1^4}{l} + \frac{2 \cdot r_2^3 \cdot b \sin \alpha}{f} \right), \quad (2.16)$$

де  $\mu$  – середня в'язкість тіста, Па·с;

$f$  – зазор між торцем місильної лопаті і корпусом, м.

Для правильного використання одержаних результатів у практичних розрахунках необхідно зробити деякі пояснення.

При русі лопаті в масі тіста на значній відстані від днища вона буде викликати переміщення шарів лише до визначеної відстані  $l_0$ , за якою матеріал залишиться нерухомим. Ця відстань залежить від пружно-в'язких властивостей тіста і швидкості переміщення. Тому відстань  $l$  від лопаті до дна не повинна перевищувати  $l_0$ . В іншому випадку біля днища будуть залишатися не пророблені шари тіста. Якщо прийняти  $l$  менше  $l_0$ , тоді тісто буде проковзувати по днищі посудини, що попередить явища непромішування і налипання на днище.

Значення  $l_0$  можна розрахувати на основі залежності, яка описує процеси, що відбуваються при обтіканні неньютонівською рідиною напівнескінченної пластини. Якщо площа пластини паралельна напрямкові руху рідини, то:

$$l_0 = \frac{4,64y}{\sqrt{\text{Re}_y}}; \quad (2.17)$$

$$\text{Re}_y = \frac{\rho \cdot v \cdot y}{\mu}, \quad (2.18)$$

де  $y$  – довжина ділянки пластини при нахиленій лопаті,  $y = b \cdot \cos \alpha$ .

Вираз (2.96) можна використати для приблизного визначення максимальної відстані від лопаті до днища. При русі місильної лопаті у масі тіста залежність між градієнтом швидкості деформації матеріалу і в'язкості подається у вигляді функції

$$\mu = f\left(\frac{dv}{dl}\right). \quad (2.19)$$

Усереднене значення можна визначити за формулою

$$\frac{dv}{dl} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot n}{l}. \quad (2.20)$$

У сучасних тістомісильних машинах, для яких розв'язується задача, градієнт швидкості змінюється по довжині лопаті, тому в (2.98) необхідно підставляти

$$r = r_{cp} = \frac{(r_1 + r_2)}{2}. \quad (2.21)$$

Прямо визначити роботу  $A_4$  дуже важко. У першому наближенні її можна вирахувати із балансу енергії замісу на основі експериментальних даних.

Оскільки структурні зміни в тісті залежать від інтенсивності замісу,  $A_4$  приблизно можна визначити так:

$$A_4 = (0,05 - 0,10)A_1. \quad (2.22)$$

Для порівняння показників енерговитрат різних типів тістомісильних машин ці показники відносять до 1 г замішаного тіста:

$$A_{inum} = \frac{A_i \cdot n \cdot \tau}{m}, \quad (2.23)$$

де  $A_{inum}$  – витрата енергії за один цикл, Дж/г.

Потужність електродвигуна приводу визначають за рівнянням, Дж:

$$N_e = \frac{A \cdot n}{\eta_1 \cdot \eta_2}, \quad (2.24)$$

де  $\eta_1$  – ККД основних механізмів тістомісильної машини;

$\eta_2$  – ККД проміжних механізмів приводу (варіатора, редуктора), при їх відсутності  $\eta_2 = 1$ .

За величиною  $N_e$  підбирають привідний електродвигун. Допускати збільшення потужності до 20% не рекомендується, оскільки при цьому значною мірою знижується ККД електродвигуна.

Фактичну питому роботу замісу можна визначити так:

$$A_{num} = \frac{N_e \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \tau}{m}, \quad (2.25)$$

або із балансу енерговитрат

$$A_{num} = \frac{A \cdot n \cdot \tau}{m_T}. \quad (2.26)$$

Інтенсивність замісу визначимо за рівнянням:

$$U = \frac{N_e \cdot \eta_1}{m}. \quad (2.27)$$

### ***Розрахунок на міцність***

У даній машині найбільш навантаженим елементом є вал місильної лопаті. Діаметр вала повинен бути достатнім для передачі заданого пружинного моменту.

Загалом діаметр вала визначається:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{n \cdot [\tau_k]}}; \quad (2.28)$$

де:  $T_2$  – крутний момент на вали, Н·м;

$[\tau_k]$  – допустиме напруження на кручення, МПа.

Крутний момент на валу робочого органа визначається:

$$T_2 = \frac{N \cdot 30}{\Pi \cdot n_b}; \quad (2.29)$$

## **2.2 Програма досліджень**

В основі розробки і проектування нових технологій і техніки, здійснення оптимізації їх експлуатаційних характеристик лежить науковий підхід до виявлення взаємозалежності ключових параметрів, їх впливу на кінцевий результат взаємодії на оброблюваний продукт. Для вирішення такого питання необхідно всебічно підійти до вивчення об'єкта дослідження. Необхідно усвідомити сутність технологічного процесу, що протікає в конкретній машині або апараті, чинники, які впливають на характер протікання цього процесу та багато інших супутніх положень, без яких реальне удосконалення існуючих машин і технологій, і особливо, розробка нових технічних засобів є неможливою.

В даній кваліфікаційній роботі здійснюється аналіз конструктивної структури тістомісильної машини зі складовими різної конфігурації з метою виявлення її оптимальних параметрів для заданих умов проектування. Для цього необхідно здійснити наступні кроки:

1. Дослідити сучасні тенденції розвитку і проектування тістомісильних машин.
2. Виявити можливі напрямки удосконалення засобів для підготовки компонентів та приготування тіста.
3. Провести теоретичний аналіз процесу приготування тіста на обладнанні з різним принципом дії.
4. На основі існуючих конструктивних рішень обґрунтувати конструктивну схему тістомісильної машини.
5. На основі технологічного, конструктивного та енергетичного розрахунків визначити раціональні конструктивні параметри тістомісильної машини.
6. Зробити висновки з виконаної роботи.

### **3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ**

#### **3.1 Аналіз існуючих машин, вузлів**

Для замісу хлібного тіста застосовують різні типи машин, що забезпечують різну дію на тісто.

Для замісу густої опари користуються однотипними тістомісильними машинами.

Тістомісильні машини малої потужності застосовують для замісу опари і тіста при виробництві хлібобулочних виробів в умовах пекарень малої потужності.

Особливістю пекарень малої потужності є те, що процес приготування тіста має періодичний характер і тому даний процес здійснюється машинами і обладнанням періодичної дії.

Застосування даного виду машин і обладнання дозволяє в умовах обмеженого обсягу виробництва виробляти різноманітний асортимент хлібобулочної продукції.

Тістомісильні машини періодичної дії призначені для замішування тіста у певних обсягах протягом заданого часу, після чого тісто вивантажується, і машина завантажується знову. Вони широко використовуються у малих та середніх підприємствах, а також у спеціалізованих пекарнях.

#### **Типи тістомісильних машин періодичної дії:**

##### **1. Спиральні тістоміси:**

- Основний робочий орган — спіральна місилка.
- Зазвичай діжі обертаються разом із місильним органом.
- Використовуються для виготовлення тіста різної консистенції.
- Переваги:
  - Рівномірне перемішування.

- Висока швидкість замісу.
- Обмеження:
  - Зазвичай для невеликих та середніх обсягів виробництва.

## 2. Планетарні тістоміси:

- Місильний орган здійснює обертання навколо своєї осі та осі чаші.
- Універсальні: підходять для замішування тіста, збивання кремів.
- Переваги:
  - Велика універсальність.
  - Компактність.
- Обмеження:
  - Підходять для невеликих обсягів замісу.

## 3. Горизонтальні тістоміси:

- Робочий орган обертається у горизонтальній камері.
- Використовуються для роботи з жорстким тістом (пельмені, локшина).
- Переваги:
  - Висока міцність.
  - Підходять для густих консистенцій.
- Обмеження:
  - Не підходять для рідкого тіста.

Тістомісильні машини періодичної дії — оптимальний вибір для виробництв, які вимагають контролю за якістю та різноманітністю продуктів. Вони підходять для різних типів тіста, але не є найефективнішими для великих виробничих обсягів

Технічні характеристики тістомісильних машин періодичної дії з стаціонарними діжами наведено в таблиці 4.2.



Таблиця 3.1 - Технічні характеристики тістомісильних машин періодичної дії з стаціонарними діжами

Параметр	Марка машини				
	ТМ-63М	ТММ-120	РЗ-ХТІ-3	Ш2-ХТА	Момент-100
Об'єм діжі (л)	63	120	140	160	100
Тип приводу	електричний	електричний	електричний	електричний	електричний
Кількість місильних валів	2	1	2	2	1
Продуктивність (кг/год)	120	240	280	320	200
Потужність двигуна (кВт)	4.0	5.5	7.5	9.0	5.0
Габаритні розміри (мм)	1500×800 ×1400	1600×900 ×1500	1700×950 ×1600	1800×1000 ×1700	1550×850 ×1450
Маса (кг)	600	750	800	850	700

### 3.2 Обґрунтування параметрів розроблювальної конструкції

Особливість малих переробних підприємств є обмежені фінансові можливості для закупівлі технологічного обладнання. Тому здебільшого, комплектування підприємства здійснюється лише найефективнішими технологічними засобами. Серед таких технологічних процесів на даному підприємстві є процес приготування тіста.

Особливості вибору місильної машини полягає в тому, що необхідно враховувати специфіку використання машин. Так машини з складними робочими органами (з несиметричною місильною лопаттю, поступальним круговим рухом похилої місильної лопаті, спіралеподібною або фігурною

місильною лопаттю) складніші за конструкцією і їх важче ремонтувати та відрегулювати. Процес замісу тіста повинен забезпечити не тільки рівномірне змішування компонентів, а й механічне пророблення їх з метою утворення специфічної структури тіста.

Для покращення функціонування лінії, зокрема тістомісильної машини, необхідно, щоб були машини із стаціонарними діжами, діжеперекидальна машина - вимагає додаткової виробничої площі. Для покращення структури тіста ми розробили лопатко-подібні робочі органи, які забезпечать дотриманням специфіки режиму і оптимальних параметрів процесу: інтенсивності замісу, частоти взаємодії місильної лопаті, що в свою чергу приведе до зменшення тривалості замісу тіста. Така конструкція має порівняно меншу площу і не потребує відволікання персоналу для обслуговування операцій приготування тіста тощо.

Тістомісильна машина РЗ-ХТІ-3, (ТПП-1) (рис. 3.1), призначена для інтенсивного замісу пшеничного, житньо-пшеничного тіста з мінливим режимом роботи, який забезпечується завдяки застосуванню трьохшвидкісного електродвигуна на машині ТПП.

Робочий орган машини складається з двох окремих приводів — двох плечових хрестовин одне з плечей яких виконано у вигляді циліндричної горизонтальної лопаті. Вільні плечі хрестовин з'єднані між собою циліндричної штангою. З'єднання виконано через систему шарнірів, що забезпечують рух з'єднувальної штанги при різній кутовій швидкості хрестовин. При такому русі постійно змінюється конфігурація робочого органу в цілому.

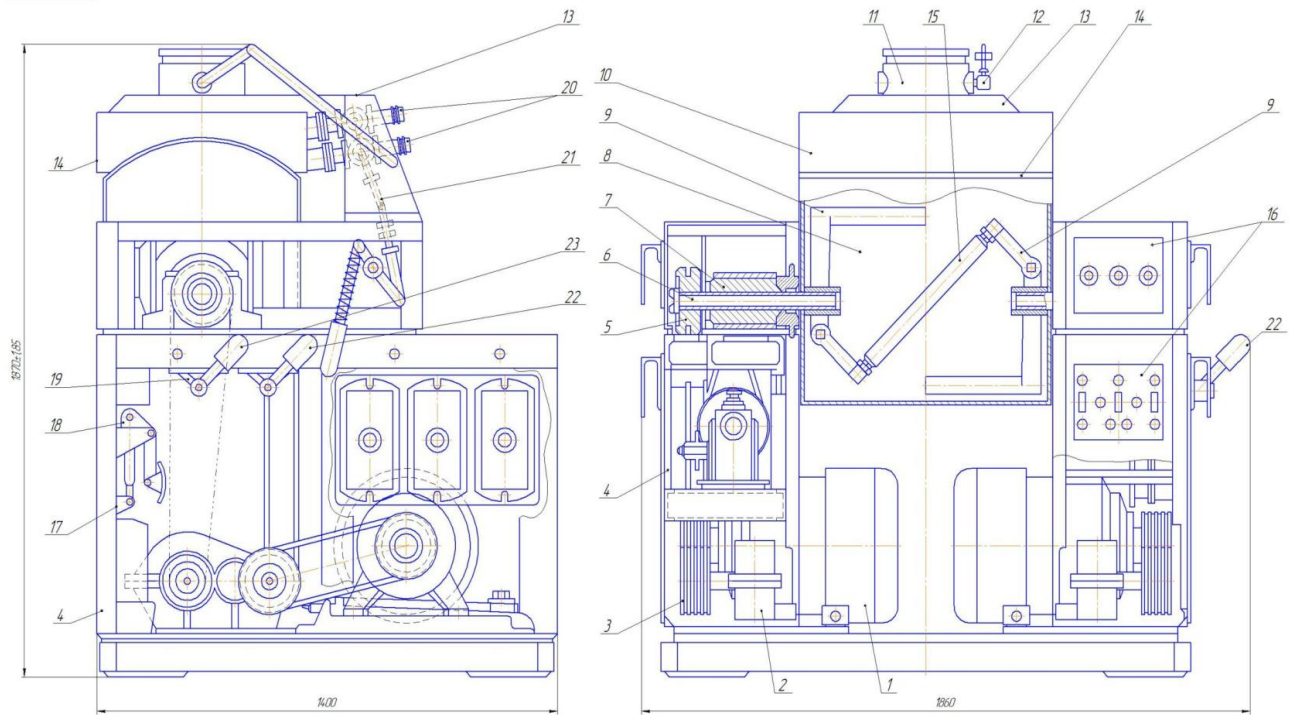


Рисунок 3.1 - Тістомісильна машина РЗ-ХТІ-3 періодичної дії

Машина складається з стаціонарної місильної ємності 8 з напівциліндричним днищем, виготовленої з нержавіючої сталі. Всередині ємності розташований місильний орган з двох двоплечових хрестовин 9, сполучених між собою штангою 15. Кожна з хрестовин закріплена на окремому шліцьовому валу 6, який розташований на роликових підшипників 28 і проходить всередині втулки 27, встановленої в підшипнику ковзання 7. Із зовнішньої сторони валу 6 закріплена привідна зірочка 5.

Кожна хрестовина місильного органу має самостійний привід і обертається від трьохшвидкісного електродвигуна 1 через клиноремінну передачу 3, циліндричний редуктор 2 і зубчасту ланцюгову передачу 18. Натяг ланцюга здійснюється за допомогою натяжного пристрою 17. Завдяки прийнятій конфігурації місильного органу маса тіста в процесі замісу переміщається по складній траєкторії, в результаті забезпечується його інтенсивна механічна обробка.

Вивантаження тіста після закінчення замісу, здійснюється шляхом повороту місильної ємності навколо горизонтальної вісі на кут  $120^\circ$ . В

процесі замісу ємність закріплюється у вертикальному положенні фіксатором.

Всі елементи машини змонтовані на станині 4, що складається з двох стійок і підстави. Управління роботою машини здійснюється від окремого пульта керування і блоку управління 16, змонтованого в правій стійці станини.

Заміс тіста виконується в трьох режимах руху місильного органу за задалегідь заданою програмою в залежності від хлібопекарських властивостей борошна. Частота обертання місильного органу відповідно: 60:90:120 об/хв. Тривалість роботи на кожній швидкості обумовлюється фізичними властивостями борошна. При необхідності заміс може здійснюватися в автоматичному режимі на двох швидкостях.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики машини РЗ-ХТІ-3 (ТШ-1)

Показники	
Ємність діжі, м <sup>3</sup>	0,35
Кількість місильних органів, об/хв.	2 шарнірно з'єднаних штангою
Частота обертання місильного робочого органу, об/хв.	60, 90, 120
Тривалість замісу, хв.	2,5-20
Потужність електродвигуна, кВт:	
□ перевертання діжі	1,1
□ обертання місильних робочих органів	21
Габарити, мм	
□ довжина	1860
□ ширина	1440
□ висота	1870
Маса, кг	820

З врахуванням того, що процес приготування тіста передбачає поступове виконання певного переліку технологічних операцій, то визначення технологічних параметрів та режимів роботи кожної складової, яка входить до складу машини необхідно здійснювати виходячи з дотримання технологічних параметрів, які впливають з специфіки виконання тієї, чи іншої операції. Наприклад, тривалість операції замісу тіста передбачає визначений діапазон, який безпосередньо може вплинути на якість та повноту виконання цієї операції. Тобто, оптимізація продуктивності роботи замішувальної частини машини передбачатиме визначення певних конструктивних параметрів машини, які будуть задовільняти умови її використання.

Проведемо визначення діапазону продуктивностей, часових характеристик, а також конструктивних параметрів складових з побудовою функціональних залежностей, які дозволять підібрати відповідні оптимальні параметри, при яких буде досягнуто необхідне значення продуктивності машини.

Оскільки, найбільш важливим параметром тістомісильної машини є продуктивність, то необхідно розпочати саме з нього.

Нами було проведено моделювання технологічних та конструктивних параметрів тістомісильної машини з врахуванням формул (2.1) та (2.2), в результаті якого за певних допущень, які впливають з режиму роботи машини було отримано наступні графічні залежності, що подані на рис. 3.2, - рис. 3.6. Виходячи з раціональної кількості робочих циклів за годину рівною 3 слід шукати раціональні параметри, які відповідають (для наших умов) продуктивності 200 кг/год.

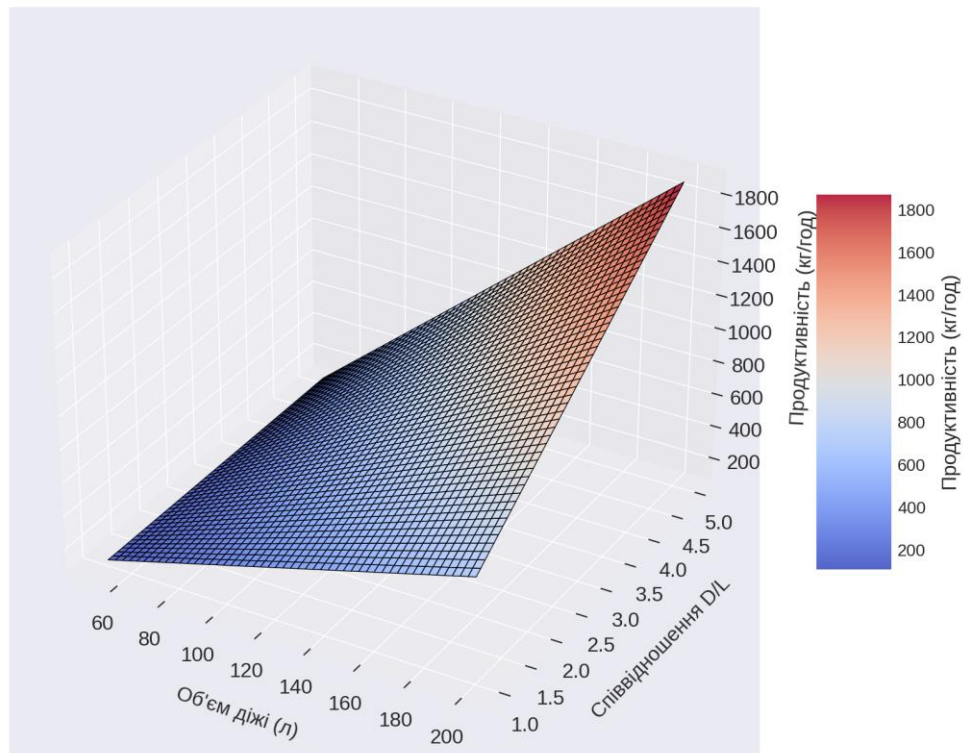


Рисунок 3.2 - Залежність продуктивності тістомісильної машини від об'єму та співвідношення між її діаметром та довжиною.

Цей графік показує залежність продуктивності тістомісильної машини від об'єму діжі та співвідношення між діаметром і довжиною робочої камери.

**Опис осей:**

- **Вісь X (Об'єм діжі):** Відображає об'єм діжі в діапазоні від 50 до 200 літрів. Це один із ключових параметрів, що впливає на продуктивність машини.
- **Вісь Y (Співвідношення D/L):** Відображає співвідношення між діаметром і довжиною робочої камери, розраховане для діаметрів від 30 до 150 см і довжини від 10 до 30 см. Це співвідношення дозволяє врахувати вплив геометричних характеристик камери на продуктивність.
- **Вісь Z (Продуктивність):** Відображає продуктивність машини в кілограмах тіста на годину, у межах від 100 до 400 кг/год.

**Кольорова шкала:**

- Графік використовує кольорову схему "coolwarm" для позначення продуктивності: світліші тони (жовтуваті та білі) відповідають вищим значенням продуктивності, а темніші тони (блакитні та сині) — нижчим.

#### Загальний вигляд:

Графік показує, що зі збільшенням об'єму діжі та співвідношення D/L, продуктивність загалом зростає. Однак, у певних областях, де об'єм або співвідношення невеликі, продуктивність залишається низькою, що можна спостерігати по темніших кольорах на графіку.

Цей графік допомагає візуалізувати, як об'єм діжі та конструктивні параметри робочої камери впливають на загальну продуктивність тістомісильної машини.

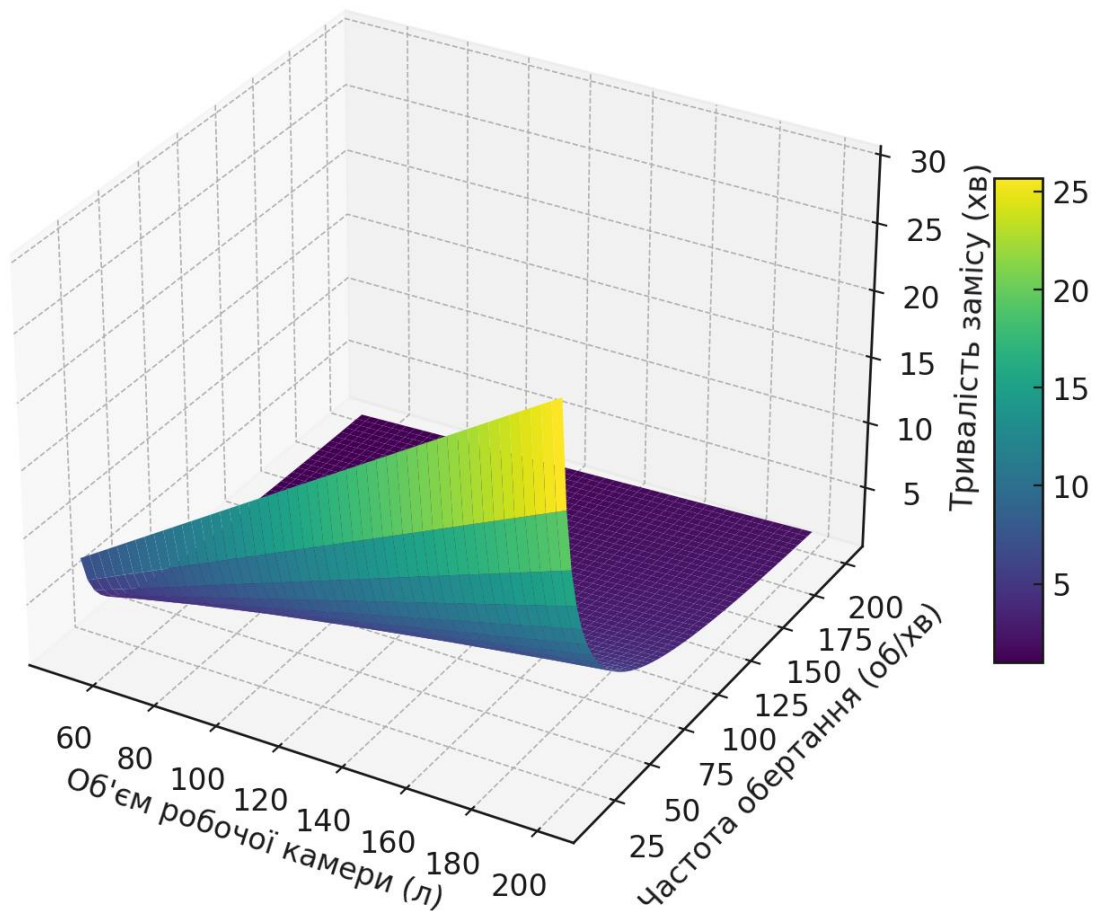


Рисунок 3.3 - Залежність тривалості замісу від об'єму робочої камери та частоти обертання робочого органу.

Об'єм робочої камери 50-200 л.

Частота обертання 10-200 об/хв

Графік демонструє залежність тривалості замісу (у хвиликах) від об'єму робочої камери (в літрах) та частоти обертання робочого органу (в обертах на хвилину).

Тривалість замісу зменшується зі збільшенням частоти обертання:

За високих частот обертання (200 об/хв) заміс триває найменший час (близько 1 хвилини).

За низьких частот обертання (10 об/хв) тривалість значно більша. Тривалість замісу зростає зі збільшенням об'єму робочої камери:

Для невеликих об'ємів (50 л) заміс відбувається швидше. Для більших об'ємів (200 л) тривалість може досягати максимуму в 30 хвилин.

Для кожного заданого об'єму камери збільшення частоти обертання суттєво скорочує тривалість замісу. Для кожної частоти обертання збільшення об'єму камери призводить до подовження часу.

Такий графік допомагає визначити оптимальні параметри роботи тістомісильної машини залежно від об'єму завантаження та бажаної тривалості замісу. Це корисно для забезпечення ефективності та якості процесу при збереженні потрібної продуктивності.

Для забезпечення ефективної роботи машини потрібно підбирати частоту обертання залежно від об'єму завантаження. Наприклад, для великих об'ємів варто використовувати вищі частоти обертання.

Тривалість замісу повинна відповідати рецептурі виробу, тому графік дозволяє швидко підібрати потрібні параметри для конкретного завдання.

Цей графік є інструментом для ухвалення рішень щодо налаштувань роботи тістомісильної машини залежно від виробничих потреб.



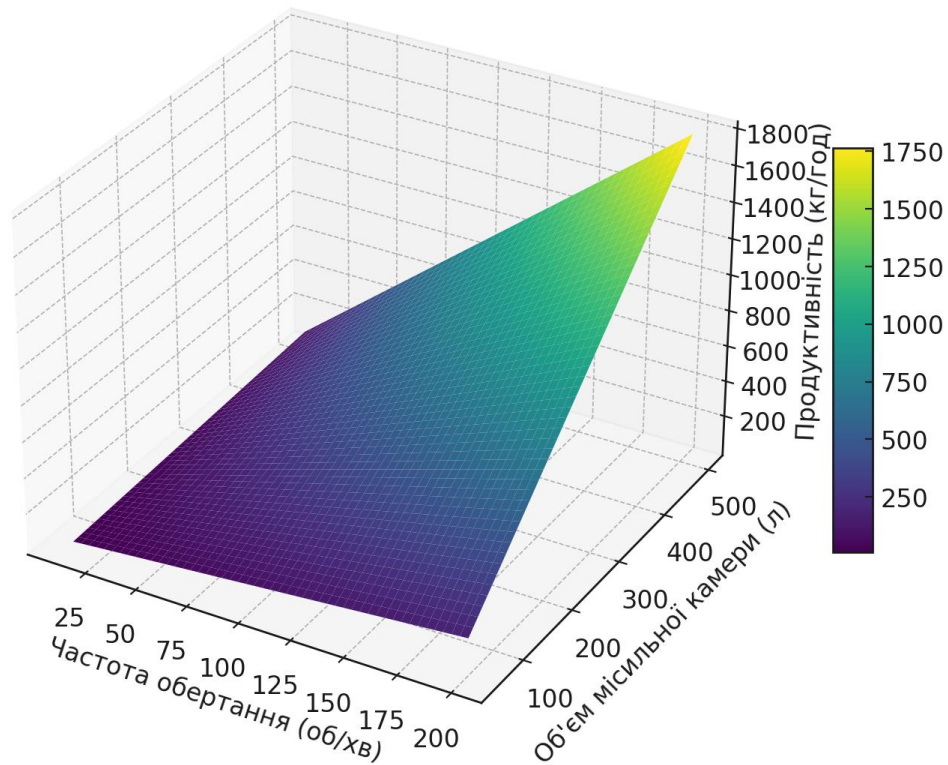


Рисунок 3.4 - Залежність продуктивності тістомісильної машини від частоти обертання місильного органу (об/хв) та об'єму місильної камери (л)

Цей графік показує залежність продуктивності тістомісильної машини від співвідношення частоти обертання місильного органу (об/хв) та його об'єму (л).

Опис:

Частота обертання: В межах 10-200 об/хв.

Об'єм місильної камери: Від 50 до 500 л.

Продуктивність: Варіюється від 200 до 2000 кг/год.

Висновки:

Продуктивність зростає зі збільшенням співвідношення частоти обертання до об'єму.

При фіксованому об'ємі підвищення частоти обертання збільшує продуктивність.

Для більшого об'єму потрібна вища частота обертання, щоб досягти однакової продуктивності.

Це співвідношення може бути корисним для оптимізації параметрів роботи машини залежно від її розмірів та частоти обертання.

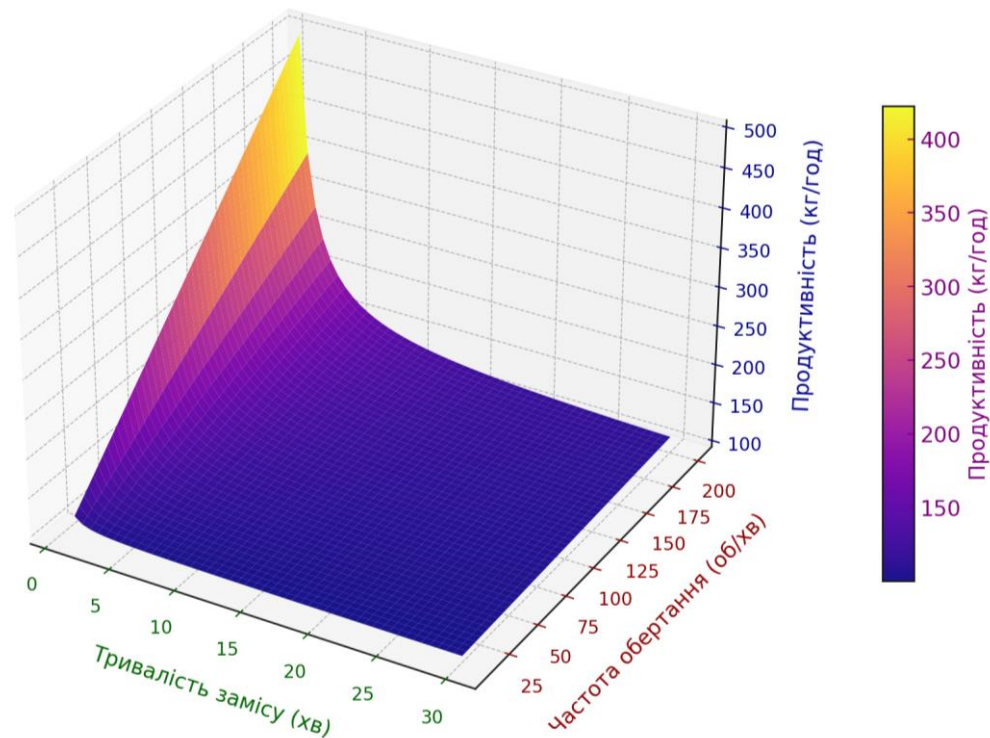


Рисунок 3.5 – Залежність продуктивності тістомісильної машини від частоти обертання місильного органа (об/хв) до тривалості замісу (хв).

Частота обертання: В межах 10-200 об/хв.

Тривалість замісу: Від 1 до 30 хв.

Продуктивність: Від 100 до 500 кг/год.

Висновки:

Продуктивність зростає зі збільшенням частоти обертання за умови постійної тривалості замісу.

Для фіксованої частоти обертання зменшення тривалості замісу збільшує співвідношення, що підвищує продуктивність.

Для досягнення високої продуктивності важливо забезпечити оптимальне співвідношення між частотою обертання та тривалістю замісу.

Ця інформація може бути використана для підбору оптимальних параметрів роботи машини.

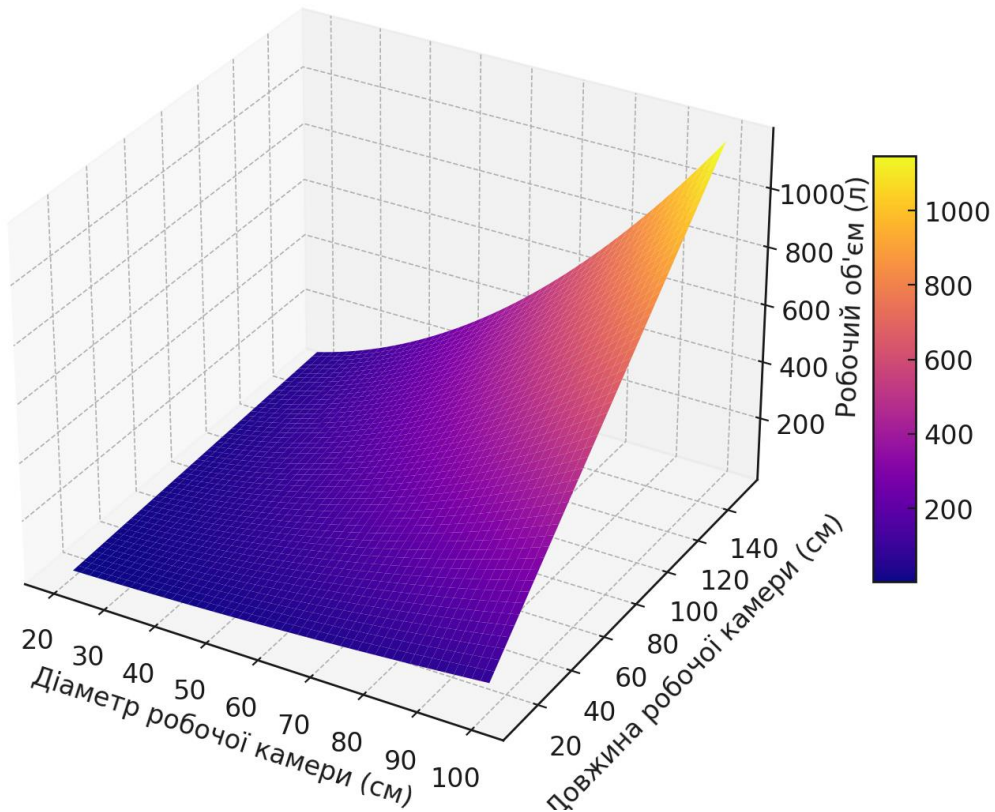


Рисунок 3.6 – Залежність робочого об'єму від діаметра робочої камери та її довжиною

Цей графік показує, як змінюється робочий об'єм тістомісильної машини залежно від:

Діаметра робочої камери (см): Зі збільшенням діаметра камера стає ширшою, і відповідно об'єм збільшується, оскільки він пропорційний квадрату діаметра.

Співвідношення діаметра до довжини: Це співвідношення визначає, наскільки довга камера порівняно з її діаметром. При меншому співвідношенні довжина камери більша, що також сприяє зростанню об'єму.

Загальні висновки:

Максимальний об'єм досягається при великих діаметрах та низьких співвідношеннях (тобто довгих робочих камерах).

Мінімальний об'єм спостерігається при малих діаметрах та високих співвідношеннях (тобто коротких робочих камерах).

Ця інформація допомагає проектувати оптимальні параметри тістомісильної машини залежно від вимог до її продуктивності.

Таким чином, ми графічним моделюванням залежностей, які визначають взаємозв'язок між основними технологічними, та конструктивними розмірами здійснили підбір складових тістомісильної машини.

Надалі нам необхідно визначити енергетичні параметри складових тістомісильної машини. Для цього необхідно скористатись формулами для визначення потужності тістомісильної машини, які наведені в 2 розділі.

Визначаємо параметри приводу для тістомісильної машини.

Робота, що затрачається на перемішування маси

$$A_1 = 2 \cdot 0,2 \cdot 3,14 \cdot 1100 \cdot 2,54^2 \cdot 0,69 \cdot 0,15 \left[ (0,35 - 0,15) 3,14^2 \cdot 0,15 + 0,4 \cdot 0,9^2 / 2 \right] = 422,33 \text{ Дж/об.}$$

Робота, що затрачається на переміщення місильних лопатей

$$A_2 = \frac{2}{3} \cdot 2 \cdot 0,2 \cdot 0,01 \cdot 7800 \cdot 3,14^2 \cdot 2,54^2 \cdot (0,35^3 - 0,15^3) = 52,17 \text{ Дж/об.}$$

Робота, що затрачається на нагрівання тіста і дотичних до нього металевих частин машини

$$A_3 = \frac{35 - 28}{2,54 \cdot 600} (15 \cdot 2300 + 32 \cdot 500) = 231,95 \text{ Дж/об.}$$

Робота, що використовується на зміну структури тіста

$$A_4 = 0,05 \cdot 422,33 = 21,12 \text{ Дж/об.}$$

Сумарна робота, яку виконує тістомісильна машина

$$A = 422,33 + 52,17 + 231,95 + 21,12 = 727,57 \text{ Дж/об.}$$

Потужність електродвигуна приводу

$$N_e = \frac{727,57 \cdot 2,54}{0,87 \cdot 0,86} = 2469,9 \text{ Вт.}$$

Таким чином, для приводу тістомісильної машини достатнім буде застосування електродвигуна потужністю 2,5 кВт.

Для подачі води до мірного бачка застосуємо стандартний живильний насос, продуктивністю 1600 л/год., потужністю 120 Вт.

Таким чином, сумарна потужність електродвигунів у тістоприготувальному агрегаті складе

$$N_a = 0,55 + 2,5 + 0,12 = 3,17 \text{ кВт.}$$

З врахуванням подолання динамічних навантажень при запуску машини та при повному навантаженні приймаємо сумарну потужність агрегату рівною 3,2 кВт.

Розрахунок на міцність

У даній машині найбільш навантаженим елементом є вал місильної лопаті. Діаметр вала повинен бути достатнім для передачі заданого пружинного моменту.

Крутний момент на валу робочого органа:

$$T_2 = \frac{13120}{2.54} = 5165.35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Оскільки визначено крутний момент, а машина має два вали тоді:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 2587.67}{3.14 \cdot 20 \cdot 10^{-6}}} = 0.087 \text{ м}$$

Тобто для приводу застосовуємо вал діаметр якого 0,09 м.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ**

### **4.1 Аналіз виробничих небезпек під час виробництва хлібобулочних виробів**

У процесі трудової діяльності людини за допомогою певних знарядь діє на предмет праці в умовах існуючого середовища. Залежно від характеру праці на людину можуть впливати різні середовища: механічні, хімічні, теплові, електричні, біологічні. Безпосереднім джерелом таких пошкоджень може бути будь-який з компонентів праці [2].

Серед різних факторів виробництва, які можуть спричинити певні дії на людину, виділяють шкідливі й небезпечні виробничі фактори.

Будь-який шкідливий або небезпечний виробничий фактор може діяти на людину лише у певних умовах. Це поняття має надзвичайно важливе значення при вивченні й дослідженні механізмів дії таких факторів на людину та їх наслідків.

Небезпечні й шкідливі виробничі фактори, відповідно до ГОСТ 12.0.003 – 74 поділяють на: фізичні, хімічні, біологічні й психофізіологічні. При розробці заходів запобігання виробничому травматизму й захворюваності працюючих, спеціалістів найбільше цікавлять шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

Спеціалісти в галузі безпеки праці стверджують, що виробнича небезпека – це загроза дії на працюючого небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а виробнича шкідливість – дія на працюючого лише шкідливих виробничих факторів.

При встановленні причинно-наслідкових зв'язків між подіями, що призвели до травми працюючого, необхідно розрізнити поняття “нешасний випадок” і “травма”. Травма є випадковою подією внаслідок дії небезпечного виробничого фактора на людину. Поняття “нешасний випадок” пояснює

достовірність факту виникнення травми, а тому його окремою подією вважати не можна [11].

У процесі роботи людина може потрапляти в небезпечну зону внаслідок відсутності там необхідного огороження, сигнальних пристроїв або попереджувальних знаків та написів, порушення відповідних правил, допущеної помилки або внаслідок аварії. При цьому виникає можливість дії на неї небезпечного виробничого фактора. Кожну дію, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, позначено як небезпечну.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини, та інші;
- спонукають працюючого допускати помилок у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- відсутність відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії та катастрофи, мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).

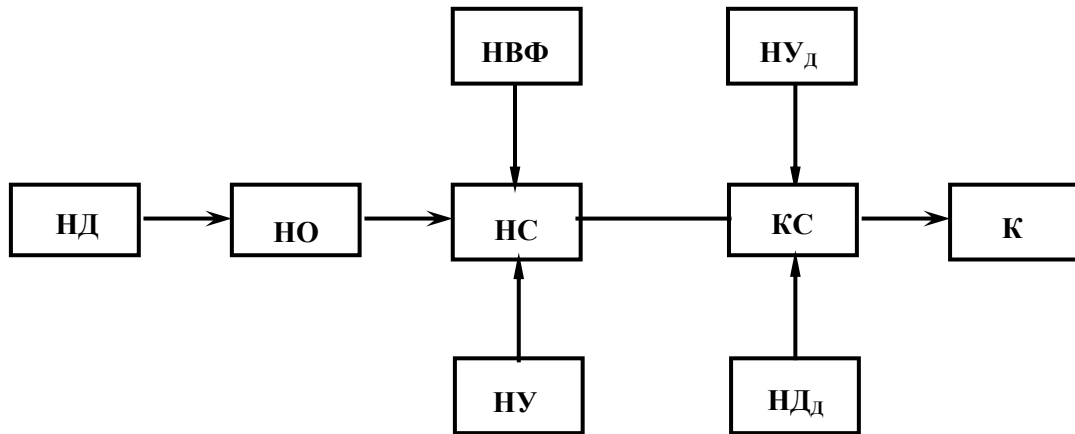


Рисунок 4.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій:

НВФ-небезпечний виробничий чинник; НУ-небезпечні умови; НД-небезпечні дії; НО-небезпечні обставини; НС-небезпечна ситуація; А-аварія; Т-травма; КС-критична ситуація; НУ<sub>д</sub>-небезпечні умови додатково; НД<sub>д</sub>-небезпечні дії додатково; К-катастрофа.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає. Що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія(А), травми (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

## 4.2 Моделювання процесу виникнення травм та аварій

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків доцільно застосовувати для аналізу існуючих або потенційних небезпек, що виявленні при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, будівель, виробничих процесів і технологій. Але, як показали дослідження, будь-яка аварія може бути наслідком однієї з багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних аварій і катастроф. Обчислення рівняння безпеки можна спрямувати на удосконалення конструкції



технічних засобів, на зниження їх небезпеки, а також вживати термінових заходів для першочергового усунення небезпек з більш високим рівнем.

Основні принципи побудови моделі такі. Виявляється виробництво, на якому вже були раніше або можуть статися аварії, виробничі травми чи катастрофи. За своєю формою так модель нагадує крону дерева, тому вона і одержала назву “дерево відказів і помилок”. Кінцеві події називають базовими.

Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи, що характеризують ті чи інші події. Як правило, побудова моделі починається з головної події, а наступні розміщують зверху вниз, аж до базових подій (рис. 4.2).

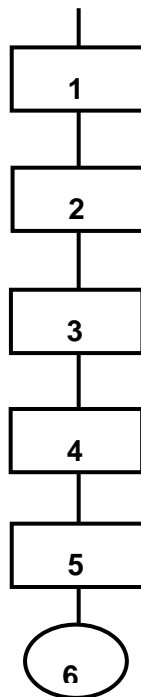


Рисунок 4.2 - Схема побудови логіко-імітаційних моделей:

1- головна подія; 2-5- проміжні події; 6- базова подія.

Кожен блок рисунку, позначений відповідним номером, означає подію або окремий етап побудови моделі:

- 1 – відмова (аварія, травма) системи – головна подія;
- 2 – послідовність подій, що приводять до відмови системи;
- 3 – послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів;
- 4 – усі вхідні і вихідні події, що входять до моделі, зображуються у вигляді прямокутників з відповідними написами всередині;

- 5 – послідовний підхід до базових подій, частоти виникнення яких відомі;
- 4 – базові події зображують у вигляді кружечків з написами всередині, вони є межею аналізу побудованої моделі.

### **4.3 Розробка логічно-імітаційної моделі процесу виникнення травм під час виробництва хлібобулочних виробів**

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми залежно від досліджуваного явища.

Для оцінки рівня небезпеки певного об'єкта чи явища можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в зарубіжній інженерній практиці. Основні його принципи полягають в тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травматичні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логічно-імітаційної моделі травми. Після цього будують модель “дерева відмов і помилок оператора”. При цьому важливе значення має правильний вибір головної події.

Головну подію (травма), модель якої нам необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути.

Після вибору головного випадкового явища (події) розпочинаємо побудову моделі (“дерева”). Використовуючи оператора “і” та “або”, використовуємо набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до подій, вибраної як головна.

Після визначення відповідних травмонебезпечних ситуацій та їх кількості, визначаємо інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів “і”, “або” та інших. Процес побудови моделі триває, поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія “стан контролю з охорони праці”. Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (у відсотках) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50% або 30%, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність “не здійснення контролю” становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки “дерева”, позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логічно-імітаційної моделі

Отже, для побудови логіко-імітаційної моделі процесу, формування і виникнення аварії та травми для випадку технологічного процесу виробництва хлібобулочних виробів складемо список базових подій. Вони лежатимуть у основі даної моделі. Кожному пункту списку присвоюємо певне значення ймовірності виникнення. Нижче подано сам список:

1. Стан контролю з охорони праці .....  $P_1 = 0,2$ ;
2. Несерйозне відношення до проходження ТО .....  $P_2 = 0,1$ ;
3. Відсутність комплектуючих .....  $P_3 = 0,2$ ;

4. Невисока міцність .....  $P_4 = 0,03$ ;
5. Застаріле обладнання .....  $P_6 = 0,02$ ;
6. Попадання предметів з навколишнього середовища .....  $P_7 = 0,4$ ;
7. Досвід роботи .....  $P_{12} = 0,35$ .
8. Професійний рівень робітника .....  $P_{13} = 0,5$ ;
9. Психофізіологічний стан робітника .....  $P_{14} = 0,083$ ;

На основі даного списку будуємо матрицю логічних взаємозв'язків між окремими пунктами, графічне представлення якої зображено на рис. 5.2.

Розрахуємо ймовірності виникнення подій, що входять у дану логіко-імітаційну модель процесу виробництва хлібобулочних виробів (на прикладі ймовірності травми робітника, пов'язаної з ударом корпусу просіювача).

Ймовірність виникнення події  $P_5$  визначаємо наступним чином:

$$P_5 = 0,2 + 0,1 + 0,2 + 0,003 - 0,2 \cdot 0,1 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 - 0,1 \cdot 0,2 - 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,03 - 0,2 \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,03 = 0,314$$

Ймовірність виникнення події  $P_{10}$  визначаємо так:

$$P_{10} = 0,2 + 0,1 = 0,3$$

Ймовірність виникнення події  $P_{11}$  визначаємо:

$$P_{11} = 0,02 \cdot 0,314 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,00075$$

Ймовірність виникнення події  $P_{15}$  визначаємо наступним чином:

$$P_{15} = 0,35 \cdot 0,5 \cdot 0,083 = 0,0145$$

Ймовірність події  $P_{18}$ :

$$P_{18} = 0,5 + 0,083 = 0,58$$

Ймовірність події  $P_{19}$ :

$$P_{19} = 0,0145 \cdot 0,083 = 0,0012$$

Ймовірність події  $P_{20}$ :

$$P_{20} = 0,00075 + 0,0012 = 0,00195$$

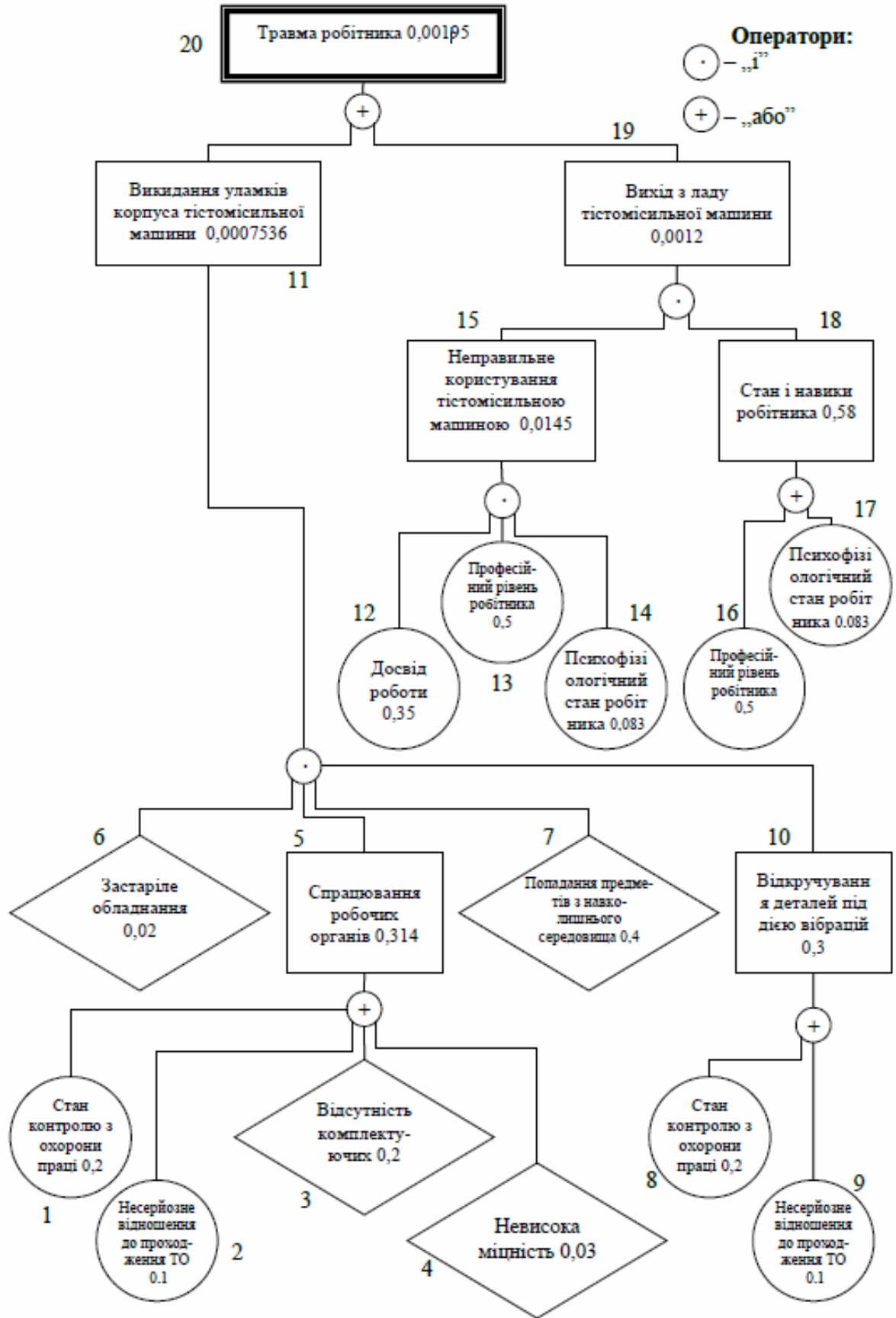


Рисунок 4.3 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час виробництва хлібобулочних виробів.

Логіко-імітаційні моделі аварій і травм допомагають зменшити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій. Якщо необхідно оцінити рівень небезпеки будь-якого робочого місця, слід уважно вивчити і побудувати логічні моделі можливих небезпечних ситуацій, які охоплюють як стан обладнання і самого робочого місця, так і поведінку працюючого і обчислити ймовірність виникнення травми.

Після аналізу результатів моделювання ймовірність виникнення травми можна звести до дуже малої величини – достатньо зменшити вплив ймовірностей вихідних факторів, які до неї призводять.

#### **4.4 Розробка заходів щодо захисту населення**

Забезпечення захисту цивільного населення у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань, яке покладається на службу з охорони праці господарства.

До надзвичайних ситуацій природного характеру, які можуть виникнути на території господарства належить: пожежа, ураган, смерч, землетрус, великі опади дощів.

Захист населення базується на державній системі заходів, що забезпечують виконання організаційних, інженерно - технічних, санітарне - гігієнічних та інших заходів в сфері запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій має проводитись спеціальний комплекс заходів, а саме:

- оповіщення та інформування населення про надзвичайну ситуацію, яка може виникнути;
- спостереження і контроль за довкіллям , продуктами харчування і водою;

- створення захисних споруд та укриття в них усього населення відповідно до приналежності (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечній зоні);
- проведення медичного захисту для зменшення ступеня ураження людей, своєчасне надання допомоги та лікування.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ

Ефективність новоствореного технічного засобу найбільш повно характеризує його енергоємність, як найбільш важливий показник сучасного виробництва хлібобулочних виробів. Крім того, важливо оцінити такі показники як металоємкість, трудомісткість, вартість, технічний і технологічний рівні, час окупності тощо.

Ефективність процесу приготування тіста  $E_\phi$  відображається як

$$E_\phi = \frac{Q}{N_m}, \quad (5.1)$$

де  $Q$  – продуктивність машини, кг/год;

$N_m$  – потужність машини, кВт.

Енергоємність процесу приготування тіста оцінюється співвідношенням

$$E = \frac{N_m}{Q}, \quad (5.2)$$

де  $E$  – енергоємність процесу приготування тіста, (кВт·год)/кг;

$N_m$  – потужність машини, кВт.

Металоємкість процесу приготування тіста на машинах різного типу може бути оцінена наступним виразом

$$M = \frac{m_m}{Q}, \quad (5.3)$$

де  $m_m$  – маса машини, кг.

Трудомісткість процесу приготування тіста

$$T_p = \frac{z_n}{Q}, \quad (5.4)$$

де  $z_n$  - затрати праці на виконання технологічної операції, люд·год.

Питома вартість технічного засобу приготування тіста

$$B_n = \frac{B_\delta}{Q}, \quad (5.5)$$

де  $B_\delta$  – балансова вартість, грн., яка визначається як



$$B_{\sigma} = C_{\text{м}} + B_{\text{пмп}} + B_{\text{т}} + B_{\text{м}} + B_{\text{нпр}} + B_{\text{со}} + B_{\text{тз}}, \quad (5.6)$$

де  $C_{\text{м}}$  – ціна машини, грн.;

$B_{\text{пмп}}$  – вартість передпродажної підготовки машини, грн.;

$B_{\text{т}}$  – вартість транспортування, грн.;

$B_{\text{м}}$  – вартість монтажу машини, грн.;

$B_{\text{нпр}}$  – вартість пусконаладжувальних робіт, грн.;

$B_{\text{со}}$  – вартість сервісного обслуговування, грн.;

$B_{\text{тз}}$  – вартість тимчасового зберігання, грн.

Річні затрати енергії на експлуатацію машини визначаються як

$$Z_{\text{е}} = E \cdot Q \cdot T_p, \quad (5.7)$$

де  $T_p$  – річний бюджет часу роботи обладнання, год.

Річна вартість енергії, витраченої на виконання технологічної операції приготування тіста протягом виробничого періоду визначається як

$$B_{\text{е}} = Z_{\text{е}} \cdot C_{\text{е}} \cdot B_{\text{ндв}}, \quad (5.8)$$

де  $C_{\text{е}}$  – ціна 1 кВт·год електроенергії,  $C_{\text{е}} = 7,5$  грн./кВт·год;

$B_{\text{ндв}}$  – податок на додану вартість,  $B_{\text{ндв}} = 1,2$ .

Розрахунки за формулами (5.1) – (5.8) зведені в таблиці 5.1.

Як видно з таблиці 5.1, удосконалена тістомісильна машина в цілому має найкращі показники серед всіх типів конструкцій, які брались до уваги. Особливо відчутне підвищення ефективності виконання технологічного процесу приготування тіста при порівнянні з тістомісильними машинами з підкатними діжами.

Графік рис. 5.1 показує річну вартість електроенергії для кожної марки машини залежно від роботи в одній чи двох змінах.

Таблиця 5.1 - Зведені результати розрахунку енергетичних і техніко-економічних показників тістомісильних машин

Параметр	Позначення	Одиниці виміру	Марка машини				
			A2-T2-64	A2-ХТБ	Г4-ШТЛ	I8-ХТА-6	P3-ХТІ-3
Ефективність процесу	$E_{\phi}$	кГ/(кВт·год)	72,9	48,6	169	198	223
Енергоємність процесу	$E$	(кВт·год)/кГ	0,049	0,040	0,007	0,039	0,059
Металоємність процесу	$M$	кГ/(кГ/год)	7,7576	5,0000	2,0833	0,9750	0,9600
Трудомісткість процесу	$T_p$	люд·год/(кГ/год)	0,0155	0,0168	0,0026	0,0026	0,0013
Питома вартість машини	$B_n$	грн/(кГ/год)	75,212	66,313	50,117	40,545	40,350
Річні затрати електроенергії (1 зм)	$Z_{ee1}$	кВт·год	13830	8400	14025	8400	4480
Річні затрати електроенергії (2 зм)	$Z_{ee2}$	кВт·год	27660	16800	28050	16800	8960
Річна вартість електроенергії (1 зм)	$B_{ee1}$	грн.	103725	63000	105187,5	63000	33600
Річна вартість електроенергії (2 зм)	$B_{ee2}$	грн.	207450	126000	210375	126000	67200
Затрати праці	$Z_n$	люд·год	2,76	2,72	3,11	4,04	0,87
Балансова вартість машини	$B_{\delta}$	грн.	150592	145472	151648	161088	138960

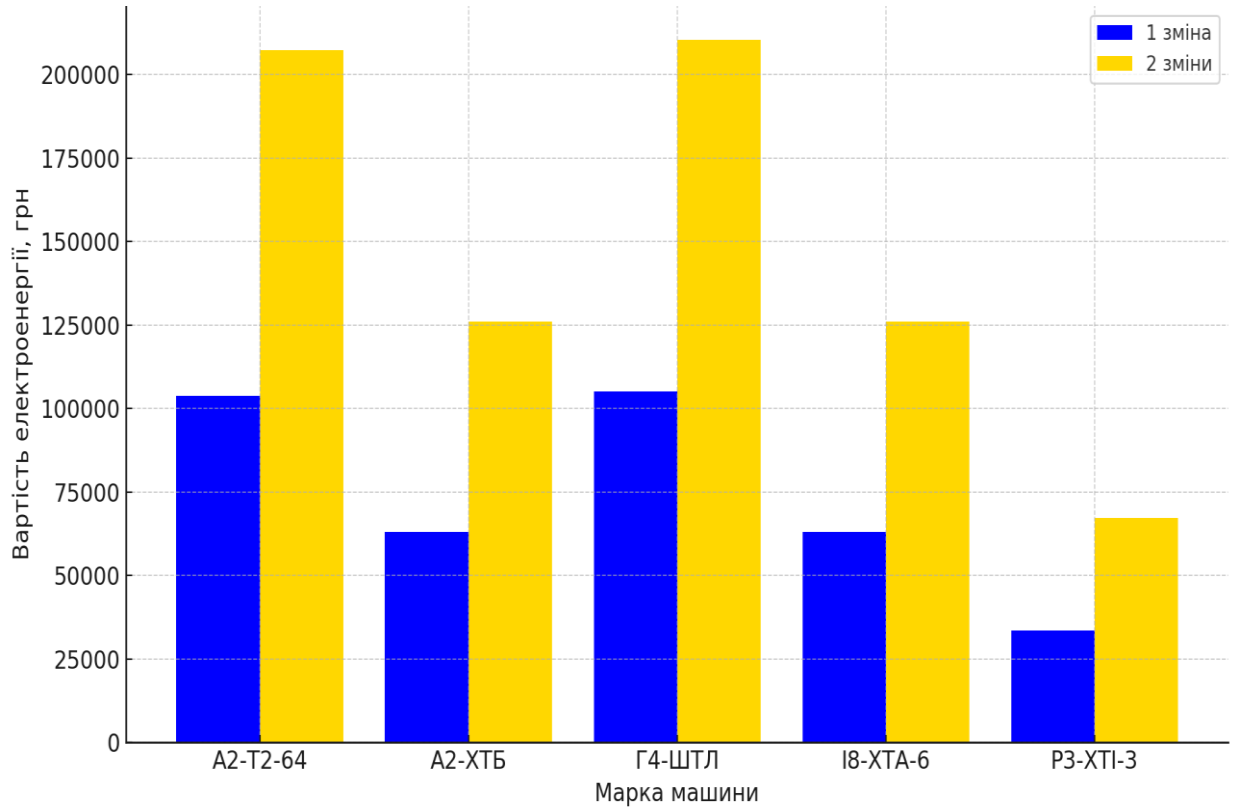


Рисунок 5.1 Річна вартість електроенергії залежно від марки машин

## ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проведений аналіз класифікаційних ознак і конструкцій серійних тістомісильних машин вітчизняного та закордонного виробництва і їх складових елементів, показав, що в цілому ці машини є збалансованими за структурною будовою. Відмінність у конструктивних елементах здебільшого стосується намагання конструкторів поліпшити протікання процесу замісу тіста та його механізованого вивантаження.

Зокрема, для компактності конструкції тістомісильні машини виконуються з комбінованою блочною станиною, в якій частково вирішується питання між операційного транспорту. Стосовно методу вивантаження, то це здійснюється самостійно машиною або за допомогою спеціальних проміжних транспортерів.

Виходячи з цього метою даної роботи є обґрунтування конструктивних параметрів елементів тістомісильної машини для заданих умов використання.

Проведений огляд теоретичних основ тістомісильних машин дозволив виявити основні принципові елементи, які впливають на технологічні та енергетичні характеристики проєктованих робочих органів та машин.

З урахуванням існуючих теоретичних залежностей розрахунку робочих органів машин розроблено методика розрахунку параметрів складових елементів, які входять до складу тістомісильних машин .

На основі створеної таблиці з технічними характеристиками тістомісильних машин, вибрано прототип, при порівнянні з яким розроблялась удосконалена конструкція.

На основі розроблених теоретичних основ технологічного і конструктивного розрахунку та математичного моделювання здійснено проєктування і конструктивне узгодження параметрів робочих органів тістомісильної машини.

З метою зниження виробничого травматизму при виробництві хлібобулочних виробів здійснено аналіз виробничих небезпек, розроблено логіко-імітаційну модель процесу виникнення травм та здійснено розробку заходів щодо захисту населення.

На основі проведеної енергетичної та техніко-економічної оцінки конструкцій тістомісильних машин виявлено, що розроблювана конструкція характеризується найкращими показниками, що свідчить про перспективність застосування у потокових лініях виробництва хлібобулочних виробів переробних підприємств.

**БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК**

1. Богомоллов О.В., Гурський П.В., Богомолова В.П. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: Навч. посібник. –Х.: Еспада, 2005. -432с.
2. Барановський, О. Г. Основи технології хлібопекарського виробництва / О.В. Г. Барановський, І. В. Петренко. — Харків : ХНТУ, 2018.
3. Бутко Д.А., Луценков В.Л., Лехман С.Д. Практикум з охорони праці. – К.: Урожай, 1995. – 144 с.
4. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості За ред. Гулого І.С.. –Вінниця: Нова книга, 2001. –576с.
5. Гречишкін, С. д. Технологія хліба і хлібобулочних виробів / С. д. Гречишкін. — Київ : Аграрна освіта, 2015. — 320 с
6. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / За ред. Гулого І.С. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576 с.
7. Гвоздєв О. В., Ялпачик Ф. Ю. Машини та обладнання хлібопекарського виробництва: навч. посіб. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – 200 с.
8. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Підручник. - Вид. 5-те доповнення. - Львів: Афіша, 2000. – 350 с.
9. Закон України “Про охорону праці”.
10. Закон України “Про цивільну оборону”.
11. Залога В.О. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с.
12. Іваненко, О. С. Вплив режимів замішування тіста на якість хлібобулочних виробів / О.В. С. Іваненко, Н. В. Карпенко // Науковий вісник НУХТ. — 2018. — Т. 24, № 1. — С. 28–34

13. Кодра Ю.В., Стоцько З.А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: Навч. посібник. –Львів: Бескид Біт, 2004. -466с.
14. Коваленко, Л. В. Хлібопекарське виробництво: сучасні технології /Л. В. Коваленко, Ю. п. Мельник. — Харків : Видавництво ХНТУ, 2019. — 275 с.
15. Машини та обладнання переробних виробництв: Навч. Посібник / О.В.Дацишин, А.І.Ткачук, Д.С.Чубов та ін.; За ред. О.В.Дацишина. –К.: Вища освіта, 2005. -159с.
16. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: Навч. посібник/ П.С. Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук та ін. –Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. - 336с.
17. Петько В.Ф., Гапонюк О.І., Петько Є.В., Уляницький А.В. Технологічне устаткування хлібопекарського, макаронного і кондитерського виробництв./ За ред. проф. О.І. Гапонюка - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 432 с.
18. Сиротюк С.В. Механізація переробки та зберігання продукції рослинництва. Курс лекцій. –Львів, 1999. – 249 с.
19. Шипулін, А. Г. Механізація та автоматизація процесів у харчовій промисловості / А.В. Г. Шипулін. — Москва : Машинобудування, 2016.- 289 с
20. Штернін, В. І. Фізико-хімічні основи процесів у хлібопекарському виробництві / В.В. І. Штернін, Н. В. Ковальова. — Львів : ЛНУ, 2019. — 215с.
21. Autio, K., Salmenkallio-Marttila, M. Bread and Dough Technology. – Elsevier, 2018. – 420 p
22. Cauvain, SP, Young, LS. Technology of Breadmaking. 3-е вид. – Springer, 2015. – 622 с.
23. Cowen S.P., Young L.S. Bread Baking Technology. 3rd ed. – Springer, 2015. – 622 p.