

**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 тістоприготувального агрегату для
виробництва хлібобулочних виробів”**

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Володимир ЄВЧІЙ
(Ім'я та прізвище)

Керівник: 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.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Свчю Володимиру Сергійовичу

1. Тема роботи: **«Дослідження параметрів тістоприготувального агрегату для виробництва хлібобулочних виробів»**

Керівник роботи: Гуменюк Руслан Васильович, к.т.н., доцент

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, програма і методика досліджень;

3. Результати досліджень та їх аналіз;

4. Охорона праці та захист населення;

5. Економічна ефективність результатів роботи;

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: мета та завдання роботи; класифікація містоприготувальних агрегатів; узагальнена схема агрегату; огляд конструкцій містоприготувальних агрегатів; порівняльна характеристика містоприготувальних агрегатів; загальний вигляд містоприготувального агрегату А2-ХНП/21; залежність продуктивності містомісильної машини від діаметра робочої камери та співвідношення між її діаметром та довжиною; залежність діаметра дозуючого трубопроводу дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка; залежність продуктивності дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка; зведені результати розрахунку енергетичних і техніко-економічних показників просіювачів борошна; висновки і 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, програма і методика досліджень»	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 роботи»	19.11.24- 27.11.24	
6.	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	28.11.24- 06.12.24	

Студент _____ Володимир ЄВЧІЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Руслан ГУМЕНЮК
(підпис)

УДК 629.979:664.69

Дослідження параметрів тістоприготувального агрегату для виробництва хлібобулочних виробів. Євчій В.С. Кваліфікаційна робота. Кафедра машинобудування. – Дубляни, Львівський НУП, 2024.

70 с. текст. част., 18 рис., 4 табл., 23 джерел інформації.

Розглянуто класифікацію та конструктивні елементи існуючих засобів для приготування тіста.

На основі аналізу конструкцій визначені задачі дослідження.

Розглянуто основи технологічного і конструктивного розрахунку робочих органів агрегатів для приготування тіста.

Здійснено розробку теоретичних основ розрахунку агрегатів для приготування тіста виконаних в блочній конструкції.

На основі моделювання залежностей, які визначають конструктивні параметри елементів тістоприготувального агрегату обґрунтовано його конструктивні параметри.

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

Здійснено енергетичну та техніко-економічну оцінку запропонованого конструктивного виконання тістоприготувального агрегату.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	6
1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ...	8
1.1 Характеристика предмету і об'єктів дослідження.....	8
1.2 Аналіз наукових досліджень на сучасному етапі.....	14
1.3 Огляд конструкцій тістоприготувальних агрегатів.....	18
1.4 Обґрунтування актуальності теми роботи.....	29
1.4 Мета і завдання роботи.....	30
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	32
2.1 Основи технологічного розрахунку тістоприготувальних агрегатів.....	32
2.2 Методика розрахунку тістоприготувальних агрегатів.....	35
2.3 Програма досліджень.....	40
3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	41
3.1 Аналіз тістоприготувальних агрегатів.....	41
3.2 Розрахунок параметрів тістоприготувального агрегату.....	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	53
4.1 Аналіз виробничих небезпек під час виготовлення хлібобулочних виробів.....	53
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 РОБОТИ.....	64
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	67
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	69

ВСТУП

Переробна і харчова промисловості України - одні із провідних галузей народногосподарського комплексу. За обсягом валової продукції вони посідають друге місце після машинобудування і металообробки, третє за кількістю працівників, п'яте - за вартістю основних виробничих фондів. Переробна і харчова промисловості об'єднують 22 спеціалізовані галузі, що включають понад 40 основних виробництв. В цілому в Україні вони виробляють на даний час більше 10 тис. найменувань продукції.

Особливістю переробної промисловості є високий рівень матеріалоємності виробництва. Так, в структурі собівартості харчових продуктів, витрати на сировину і матеріали складають 85-90 %.

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. Низький рівень механізації і автоматизації призводить до зниження продуктивності праці. За цим показником вітчизняна переробна промисловість значно відстає від економічно розвинутих країн світу.

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

Одним із напрямків 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 дана робота.

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ, МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Характеристика предмету і об'єктів дослідження

Технологічний процес виробництва хліба складається з ряду послідовних етапів, спрямованих на отримання якісного продукту. Основні етапи виробництва хліба включають:

Підготовка сировини

Для виробництва хліба використовують борошно, воду, сіль, дріжджі, а іноді також цукор, олію та інші добавки. На цьому етапі сировину перевіряють на якість, відбирають необхідну кількість і зберігають за умов, що зберігають її властивості.

Замішування тіста

Всі інгредієнти змішуються до однорідної маси. Замішування є важливим етапом, адже правильне поєднання інгредієнтів і створення тістової структури впливає на якість готового хліба. У процесі замішування утворюється клейковина, яка надає тісту еластичність і здатність до розширення.

Ферментація (бродіння) тіста

Після замішування тісто залишають на певний час для бродіння. Цей етап дозволяє дріжджам виділяти вуглекислий газ, що сприяє підйому тіста і покращенню текстури хліба. Ферментація впливає також на смак і аромат продукту.

Обробка тіста (формування)

Після закінчення бродіння тісто поділяють на порції та формують у вигляді буханців або інших форм. Цей етап дозволяє надати продукту певну форму і підготувати його до випікання.

Підсмажування та випікання

Тістові заготовки поміщають у піч. Випікання відбувається при високих температурах, у процесі чого тісто піднімається, формує скоринку, а

також проходять важливі хімічні реакції, які впливають на смак, аромат і текстуру хліба.

Охолодження і зберігання

Після випікання хліб охолоджують, щоб зберегти його структуру і не допустити утворення зайвої вологи. Після охолодження хліб упаковують, що дозволяє продовжити термін його зберігання і забезпечити захист від впливу зовнішнього середовища.

Контроль якості

Впродовж всього процесу виробництва здійснюється контроль якості продукту, зокрема на кожному етапі перевіряються органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники.

Кожен з етапів технологічного процесу має важливе значення і впливає на кінцеву якість хліба, його текстуру, смак, аромат і термін зберігання.

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.

Цінність хліба в тому, що він 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].

За рахунок житнього і пшеничного хліба людина задовольняє свою потребу в білках на 25-30 %, у вуглеводах - на 30-40 %.

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.

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.

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 ґатунку; хліб пшеничний череневий із борошна другого ґатунку; хліб пшеничний формовий із борошна вищого ґатунку; хліб пшеничний формовий із борошна першого ґатунку; хліб житній простий формовий із оббивного борошна; хліб житньо-пшеничний простий формовий із оббивного борошна. Крім хліба виготовляють: батони із пшеничного борошна першого ґатунку; булочки міські із пшеничного борошна першого ґатунку тощо.

На даний час 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 [2].

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).

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

- основна (борошно, вода, розпушувачі (дріжджі, закваска), сіль, цукор);
- додаткова (молоко, жири, цукор, яйця, вітаміни, насіння ароматичних рослин).

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

Існують 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.

Найбільш розповсюдженими є перші два способи. 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.

При правильному 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°C. 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 °C протягом 4–4,5 год. Потім до неї добавляють решту компонентів, тісто знову замішують і залишають для бродіння при температурі 28–30 °C 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 погіршилися властивості крохмалю. Недоліком цього способу є необхідність застосовувати великі місткості для бродіння опари і тіста, а також складність регулювання температури.

З метою контролю 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.

З огляду на це, а також з врахуванням можливості більшого надходження грошових коштів на підприємство від реалізації високоякісного хліба, раціональним є впровадження технології приготування тіста на густій опарі. Крім того, що даний спосіб не характеризується високими експлуатаційними затратами на виробництво, ми можемо забезпечити вищі смакові та споживчі властивості хлібобулочних виробів.

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 багатокомпонентних 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 лопати і тривалості замісу.

1.2. Аналіз наукових досліджень на сучасному етапі

Наукові дослідження процесу виробництва хліба зосереджуються на вдосконаленні методів обробки сировини, оптимізації технологічних процесів і підвищенні якості та корисності кінцевого продукту. Ось ключові напрями наукових досліджень у цій галузі:

Дослідження ферментації і впливу дріжджів

Значну увагу приділяють дослідженню різних штамів дріжджів і мікроорганізмів, що використовуються в процесі ферментації. Вивчають, як різні штами впливають на текстуру, смак і аромат хліба, а також на його харчову цінність. Використання заквасок з пробіотичними культурами допомагає підвищити корисність хліба.

Вивчення білкових властивостей і утворення клейковини

Формування клейковини під час замішування тіста є важливим аспектом, який впливає на структуру і підйом хліба. Дослідники вивчають вплив різних типів борошна (наприклад, з високим і низьким вмістом глютену) та їхню здатність утворювати клейковину. Це важливо також для розробки хлібобулочних виробів без глютену.

Інноваційні технології замішування і випікання

Нові методи замішування, наприклад, гідротермічне оброблення, дозволяють поліпшити структуру тіста та скоротити час бродіння. Сучасні технології випікання, зокрема використання парових і

багатофункціональних печей, дозволяють контролювати утворення скоринки та зберігати вологість продукту, що підвищує якість хліба.

Використання добавок та функціональних інгредієнтів

Дослідження зосереджені на використанні харчових добавок, які підвищують харчову цінність хліба: клітковина, пребіотики, протеїнові добавки, омега-3 жирні кислоти. Вивчається також вплив цих добавок на структуру і органолептичні властивості хліба.

Дослідження безглютенового хліба

Розробка рецептур для безглютенового хліба є важливою темою в сучасній харчовій промисловості. Вивчаються замітники глютену, такі як ксантанова камедь, карагенан, тапіоковий крохмаль, та їхня здатність утворювати еластичну структуру без втрати якості.

Контроль за збереженням свіжості та запобігання утворенню цвілі

Дослідники вивчають різні методи продовження терміну зберігання хліба. Сюди належить використання натуральних консервантів (наприклад, екстрактів рослин, оцту), регулювання умов зберігання, пакування в захисне середовище, застосування антимікробних плівок.

Зниження вмісту солі та цукру

Через рекомендації зі зменшення вмісту солі та цукру в харчових продуктах проводяться дослідження, які дозволяють скоротити їх використання без втрати смакових якостей. Це особливо актуально для функціонального та дієтичного хліба.

Технології автоматизації та контролю якості

У сучасному виробництві активно впроваджуються системи автоматизації процесів контролю якості та дотримання стандартів на всіх етапах. Дослідження в цьому напрямі зосереджуються на впровадженні датчиків для контролю вологості, температури, рН, а також використанні комп'ютерного зору для контролю зовнішнього вигляду продуктів.

Ці напрями досліджень сприяють створенню продукції з покращеними органолептичними та харчовими властивостями, підвищують

ефективність процесів та допомагають відповідати на запити споживачів щодо здорового харчування і безпеки продуктів.

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

Технологічне обладнання для виробництва хліба має відповідати ряду вимог, що забезпечують ефективність, безпечність, надійність процесів та якість кінцевого продукту. Основні вимоги до обладнання включають:

1. Висока якість обробки продукту

Обладнання повинно забезпечувати рівномірне змішування, замішування, формування та випікання хлібобулочних виробів, що гарантує однорідну текстуру та відповідні органолептичні властивості.

2. Гігієнічність і легкість очищення

Устаткування для хлібопекарень має бути виготовлено з матеріалів, що відповідають санітарно-гігієнічним нормам (нержавіюча сталь, харчовий пластик), а також легко очищуватись і дезінфікуватись. Це запобігає розвитку мікроорганізмів та забезпечує безпечність харчового продукту.

3. Надійність і довговічність

Устаткування повинно бути надійним та стійким до зношування, оскільки процеси у хлібопекарському виробництві є циклічними та вимагають постійної роботи обладнання. Це дозволяє зменшити витрати на ремонт та обслуговування.

4. Енергоефективність

Важливим аспектом є низьке енергоспоживання. Сучасне обладнання проектується таким чином, щоб мінімізувати витрати електроенергії, води та інших ресурсів, що сприяє зменшенню собівартості хліба і підвищує рентабельність виробництва.

5. Висока продуктивність та автоматизація процесів

Для забезпечення великого обсягу виробництва обладнання має бути здатним працювати у безперервному режимі. Сучасні системи автоматизації

дозволяють інтегрувати контрольні функції, налаштування рецептур, управління процесами бродіння та випікання.

6. Точність дозування інгредієнтів

Устаткування для дозування сировини повинно забезпечувати точне та рівномірне подання інгредієнтів, що важливо для підтримки якості та консистенції кінцевого продукту. Це особливо важливо при виготовленні хліба зі специфічними властивостями, як-от безглютеновий або низькокалорійний хліб.

7. Захист від перегріву і контроль температури

Устаткування для випікання повинно мати ефективну систему контролю температури, щоб уникнути перегріву, який може призвести до дефектів хліба або втрати його харчових властивостей. Контроль температури також важливий для оптимального розвитку аромату і смаку.

8. Екологічність та безпечність

Виробниче обладнання повинно відповідати вимогам екологічної безпеки, мінімізуючи шкідливі викиди та відходи. Також важливо, щоб обладнання забезпечувало безпечні умови праці для персоналу, зокрема захист від механічних ушкоджень, опіків, контакту з гарячими поверхнями.

9. Гнучкість та можливість переналаштування

Обладнання повинно мати функціонал для легкого налаштування під різні рецептури та види продукції. Це особливо важливо для підприємств, що виробляють широкий асортимент хлібобулочних виробів.

10. Система контролю якості на всіх етапах

Обладнання має бути оснащено датчиками для моніторингу параметрів (температура, вологість, рівень кисню) на кожному етапі виробництва, що допомагає вчасно виявити відхилення та зберегти стабільність якості продукту.

Ці вимоги забезпечують надійну роботу хлібопекарського обладнання та сприяють виробництву безпечного, якісного й конкурентоспроможного хліба.

1.3 Огляд конструкцій тістоприготувальних агрегатів

На хлібопекарних підприємствах малої потужності застосовуються тістоприготувальні агрегати, які призначені для приготування опари (головки) і тіста. Опару готують при виробництві тіста з пшеничного борошна, а головку - з житнього. Крім того, пшеничне тісто можна готувати на рідких опарах, а житнє - на рідких заквасках. В агрегатах послідовно виконуються такі операції: дозування борошна та інших компонентів (води, дріжджів, соляного розчину та ін.), заміс опари (головки) та їх бродіння, заміс і бродіння тіста.

Класифікацію агрегатів наведено на рис.1.1. В агрегатах неперервної дії тісто видається неперервним потоком, а в агрегатах періодичної дії - порціями різної маси, розмір якої визначається об'ємом посудини, де воно виготовляється.



Рисунок 1.1 - Класифікація тістоприготувальних агрегатів.

Узагальнену схему тістоприготувального агрегату показано на рис.

1.2.

Борошно після контрольного просіювання подається у виробничі бункери 1 та 1,а. З бункера 1 борошно подається в дозатор 2 і йде на приготування опари (закваски) в тістомісильній машині 3. Туди ж із дозаторів 4 подаються вода і рідкі дріжджі (спіла закваска).

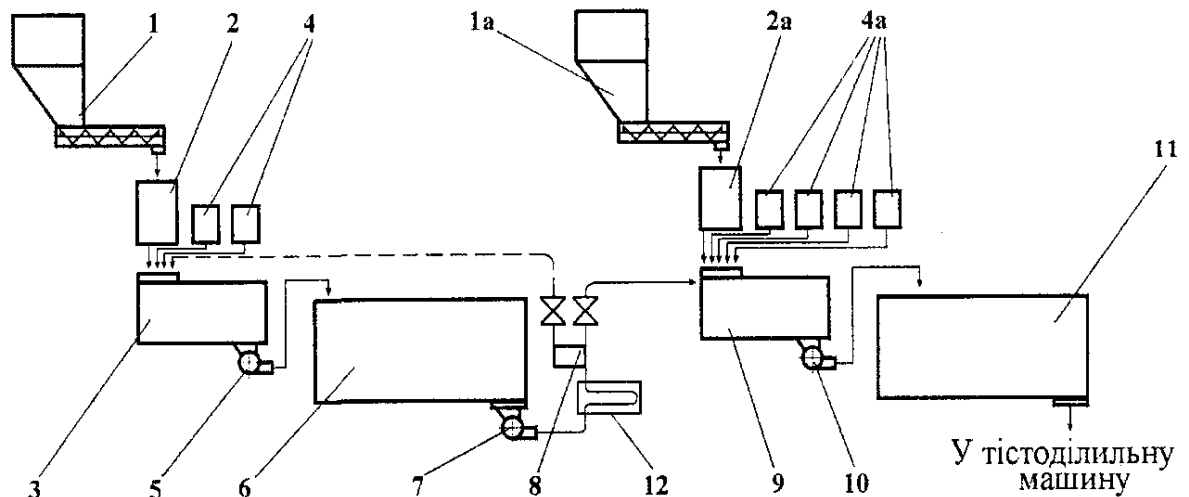


Рисунок 1.2 - Узагальнена схема тістоприготувальних агрегатів:

1, 1а - виробничі бункери для борошна; 2, 2а - дозатори борошна; 3 - машина для замісу опари (закваски); 4, 4а - дозатори рідких компонентів (води, дріжджів, соляних та цукрових розчинів, жирів тощо); 5, 10 - насоси опари (закваски) і тіста; 6, 11 - ємності для бродіння опари (закваски) і тіста; 7 - насос-дозатор опари; 8 - дозатор закваски на тісто і на її відновлення; 9 - машина для замісу тіста; 12 - охолоджувач

Після замісу опара (закваска) насосом 5 направляється в бродильний апарат 6, де після бродіння протягом 3,5-4 год. (4-5 год.) подається насосом-дозатором 7 через теплообмінник 12, у якому охолоджується, в дозатор 8. З дозатора опара подається у тістомісильну машину 9, до якої з дозаторів 2,а і 4,а надходять останнє борошно, необхідна кількість води, соляного (або цукрового) розчину, жиру та інших компонентів. Після замісу тісто насосом 10 подається в апарат для бродіння 11. Після бродіння (протягом 0,3-2 год.) тісто подається в тістоділильну машину для поділу на тістові заготовки.

В агрегатах періодичної дії всі машини та апарати діють періодично, а в апаратах неперервної дії - безупинно. В агрегатах неперервної дії напівфабрикати і тісто завжди бродять у бродильних апаратах, а в агрегатах періодичної дії - в секційних апаратах або в діжах, де замішуються напівфабрикати і тісто (рис.1.3).

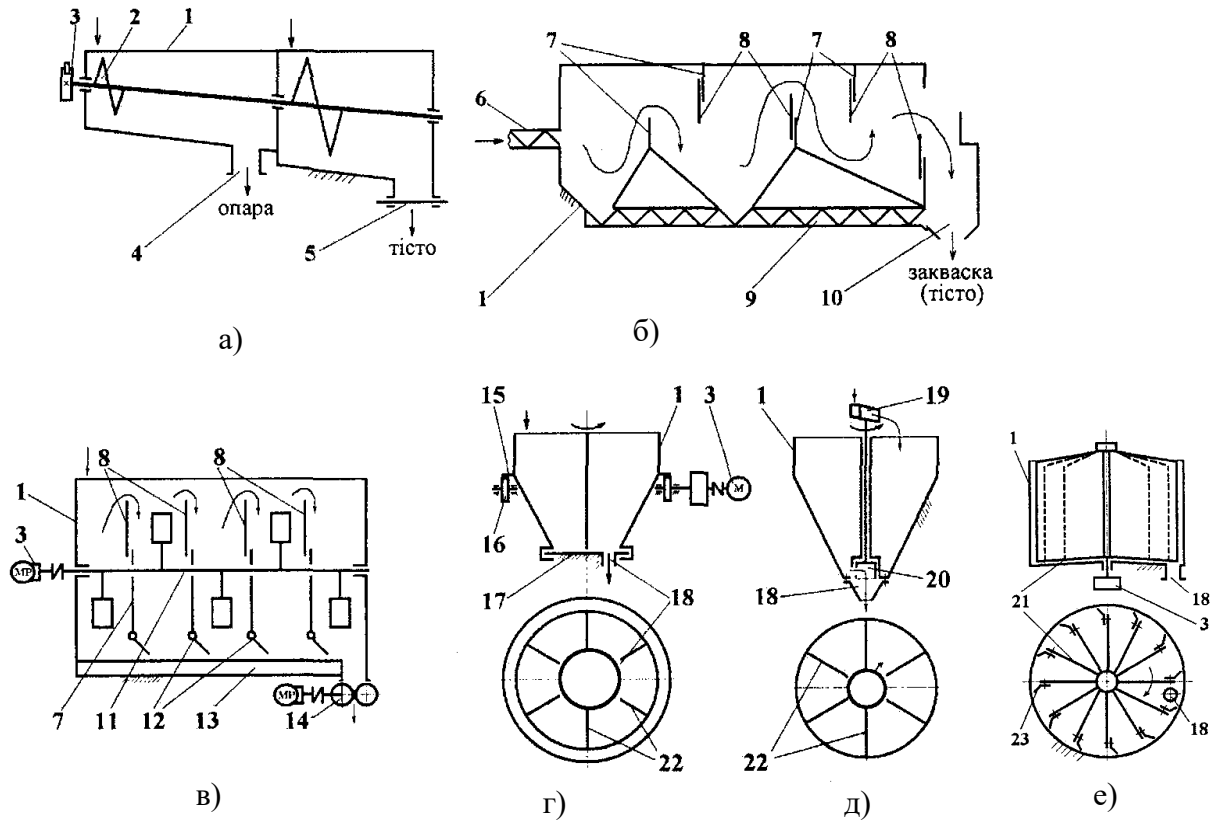


Рисунок 1.3 - Апарати для бродіння напівфабрикатів і тіста:

а-горизонтальний з гвинтовим переміщенням; б-горизонтальний з гравітаційним переміщенням; в-горизонтальний секційний; г-обертовий секційний бункер; д-стаціонарний секційний бункер; е-стаціонарний бункер з обертовими перегородками;

1-корпус; 2-вал з одинарними витками шнека; 3-привод; 4-патрубок для випуску опари; 5-патрубок з заслінкою; 6-живильний шнек; 7-перегородки; 8-регулювальні крани; 9-шнек для зачистки апарата; 10-випускна горловина; 11-лопатевий вал; 12-крани для зачистки апарата; 13-водяна сорочка; 14-насос для опари (або закваски); 15-опорне кільце; 16-опорні ролики; 17-нерухома плита; 18-випускний патрубок; 19-розподільчий лоток; 20-випускний пристрій; 21-перегородки обертові; 22-перегородки жорстко закріплені у бункері; 23-ущільнення.

За інтенсивного замісу тісто бродить 0,3-0,5 год., тому в таких агрегатах апарат 11 (рис. 1.8) відсутній, а тісто доброджує в каналах транспортного устаткування або у воронці над тістоділильною машиною. За неінтенсивного замісу тісто бродить 1,5-2 год., через те в таких агрегатах обов'язково наявний бродильний апарат для тіста і відсутній теплообмінник 12, тому що тісто не нагрівається і охолодження напівфабрикатів не потрібне. Технічні характеристики найбільш поширених тістоприготувальних агрегатів наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики тістоприготувальних агрегатів

Показники	Марка або тип агрегату					
	ХТР	І8-ХАГ-6	І8-ХТА-6	РЗ-ХТН	Ш2-ШББ	Ш2-ХБВ
Продуктивність, т/доб	до 20	15-17	15-17	15-30	-	20
Ємність апарата для бродіння, л:						
для опари	2350	6000	6000	2000	-	-
для тіста	2710	1000	2800	-	15↔0,33	8↔0,33
загальна	5060	7000	8800	-	15↔0,33	8↔0,33
Час бродіння, год						
опари	3-4,5	3-4,5 0,3-	3-4,5 0,3-	3-4,5 0,5-	-	-
тіста	1,5-2	0,5	0,5	1	1,5-1,7	0,5-1,2
Дозувальна апаратура (тип)	ВНИИХ П-0-6	ВНИИХ П-0-6	ВНИИХ П-0-6	плунжер ні насоси- дозатори	МД-100 ВНИИХ П-0-4	МД-100 ВНИИХ П-0-4
Загальна потужність електродвигунів, кВт:						
тістомісильної машини						
для опари	3	4	4	-	-	-
для тіста	3	4	4	19,2	21	21
апарату для бродіння	2,2	-	0,5	-	-	4,5
насоса-дозатора опари	1,5	1,5	1,5	-	-	-
підйомоперекидача діжок, або конвеєра	-	-	-	-	0,75	1,5
Габарити, мм:						
довжина	9000	6340	6960	-	7950	4745
ширина	3910	4130	4340	-	4300	4080
висота	3825	3080	3800	-	1400	2570

Однією із особливостей технологічного обладнання малих переробних підприємств є їх малі габарити та продуктивність.

Промисловістю випускається широкий асортимент технологічного малогабаритного обладнання для приготування тіста, серед яких можна виділити малогабаритні тістомісильні агрегати А2-МТ2-Э та А2-ХНП/21 [5].

Тістомісильний агрегат А2-МТ2-Э (рис.1.4) складається з тістомісильної машини 1, водоприготувальної установки 4, відповідної кількості діж 2, направляючих 3, щитка електрообладнання 5. Кількість збірних одиниць, що входять до комплектації машини залежить від її виконання.

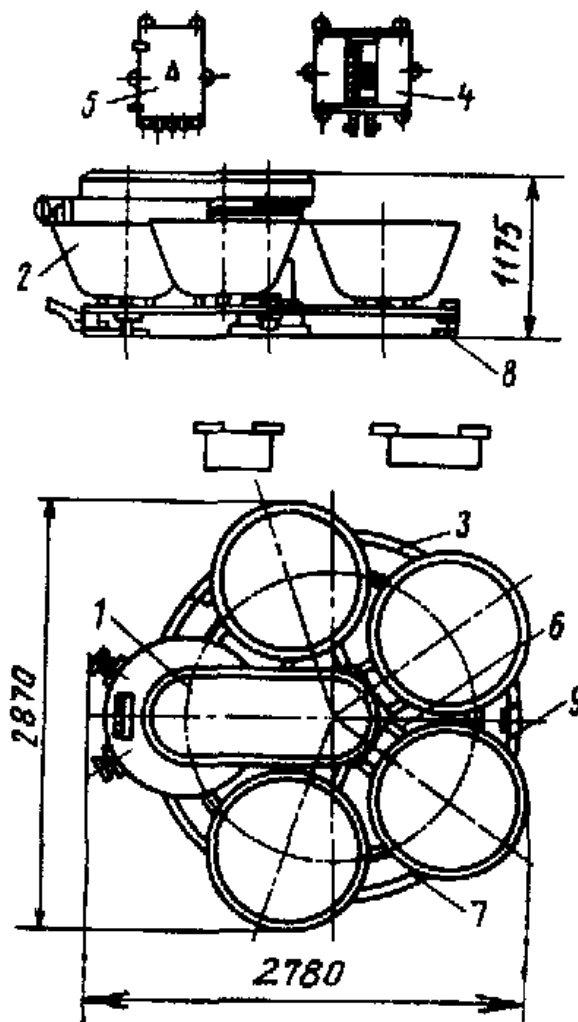


Рисунок 1.4 - Загальний вигляд агрегату тістомісильного А2-МТ2-Э:
1-тістомісильна машина; 2-діжа; 3-направляюча; 4-водоприготувальна установка; 5-щиток електрообладнання; 6-опора діжі; 7-стяжки; 8-опори під направляючі; 9-з'єднувач.

Тістомісильний агрегат складається з основи, в якій встановлена піноль, що має можливість переміщуватись у вертикальній площині. На пінолі закріплено раму, на якій міститься привід місильного органа, привід підйому і опускання місильного органа, фіксатор діжі та пульт управління.

Привід місильного органа здійснюється від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі та спареного редуктора, який складається з черв'ячної і планетарної передач.

Привід підйому і опускання місильного органа здійснюється від електродвигуна 5 за допомогою клинопасової передачі, редуктора та гвинтової пари.

Працює тістомісильний агрегат А2-МТ2-Э наступним чином.

В одну із діж завантажується борошно та інші компоненти, що передбачені рецептурою. З водоприготувальної установки добавляється відповідної якості і кількості вода.

Після завантаження діжа по направляючій підводиться під місильний орган тістомісильної машини. Діжа фіксується і вмикається привід підйому і опускання місильного органа, який встановлює місильний орган у робоче положення. Замість тіста відбувається при здійсненні місильним органом обертowego руху навколо власної осі та осі планетарного редуктора.

Після завершення процесу замісу тіста привід місильного органа вимикається і механізмом підйому і опускання місильного органа переміщується у верхнє неробоче положення. Діжа відводиться для вивантаження або бродіння тіста.

При багатодіжовому виконанні агрегату після замісу тіста діжа з готовим тістом по направляючій відводиться від місильного органа, а на її місце підводиться друга діжа із завантаженими компонентами. Виконується наступний процес замісу тіста.

В агрегатах для порційного приготування опари і тістазамішування опари (закваски) і тіста проводиться окремими порціями або безперервно, а бродіння відбувається окремими порціями в ємкостях, встановлених

стаціонарно на жорсткому кільцевому конвеєрі, або закріплених шарнірно на ланцюгах конвеєра.

Тістоготувальні конструкції Н.Ф. Гатіліна, И8-ХАГ-6, Л4-ХАТ-13, РМК-17 використовуються при двофазному приготуванні житнього та пшеничного тіста.

Агрегат И8-ХАГ-6 (рис. 1.5.) укомплектований двома тістомісильними машинами Х-26.

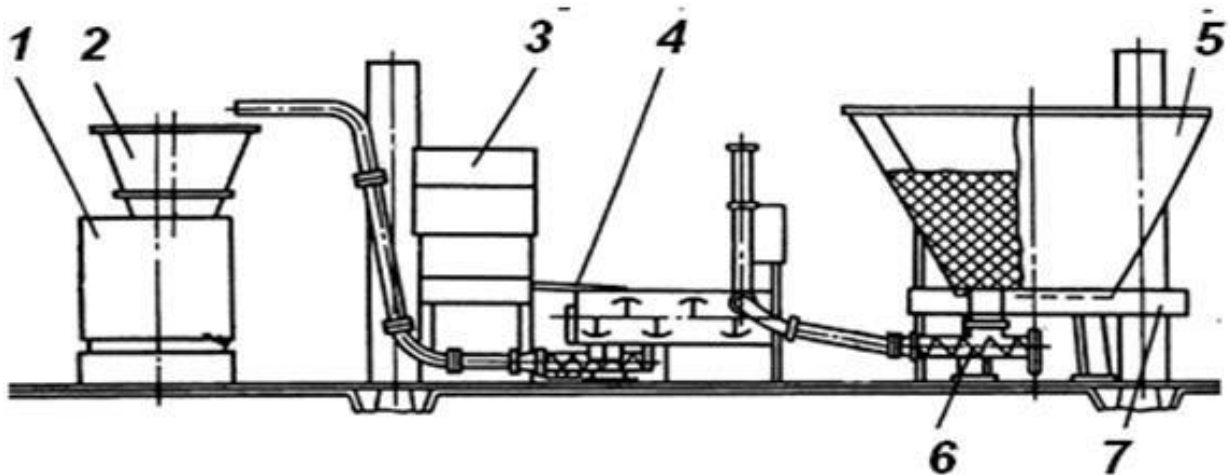


Рисунок 1.5 - Агрегат И8-ХАГ-6: 1 – тістоподільна машина; 2 – бункер тістоподільної машини; 3 – дозувальна станція; 4 – тістомісильна машина; 5 – шістьсекційний бункер для опари; 6 – шнековий дозатор опари; 7 – днище.

Замішана опара подається в шістьсекційний бункер по трубі за допомогою шнекового дозатора. Виброджена опара через забірне вікно надходить в дозатор опари, а потім по трубі в тістомісильну машину, в яку дозуються борошно та рідкі компоненти за допомогою дозувальної станції ВНИХП-0-6. Для дозування рідких компонентів в опару використовується така ж станція. Бункер для бродіння встановлено на нерухомих опорах, спільно з якими змонтовано нерухоме дно з отворами для завантаження і вивантаження опари.

За допомогою пазового ущільнення дно з'єднано з рухомим бункером. Привід бункера від електродвигуна.

В якості бродильної ємкості – бункер конічної форми, розділений радіальними перегородками на шість секцій.

При роботі апарату спочатку заповнюється перша секція бункера, після чого, він повертається на 60° і під завантаження встановлюється наступна секція. Коли всі секції завантажені, то паралельно проводять відбір з останньої секції спілої опари через вікно.

Агрегат И8-ХАГ-13 має аналогічну будову, використовується в лініях зі скороченою тривалістю бродіння тіста, продуктивністю 1300 кг/год, місткістю бункера 13 м³.

Ємність для бродіння має циліндро-конічну форму і опирається на три ролики. Конічна частина опирається на нерухоме дно.

До недоліків слід віднести незручність зачищення та миття бункерів.

Тістоготувальні агрегати И8-ХТА-6, И8-ХТА-12 (рис. 1.6) – ємність бункера 6 і 12 м³ – аналогічні за конструкцією.

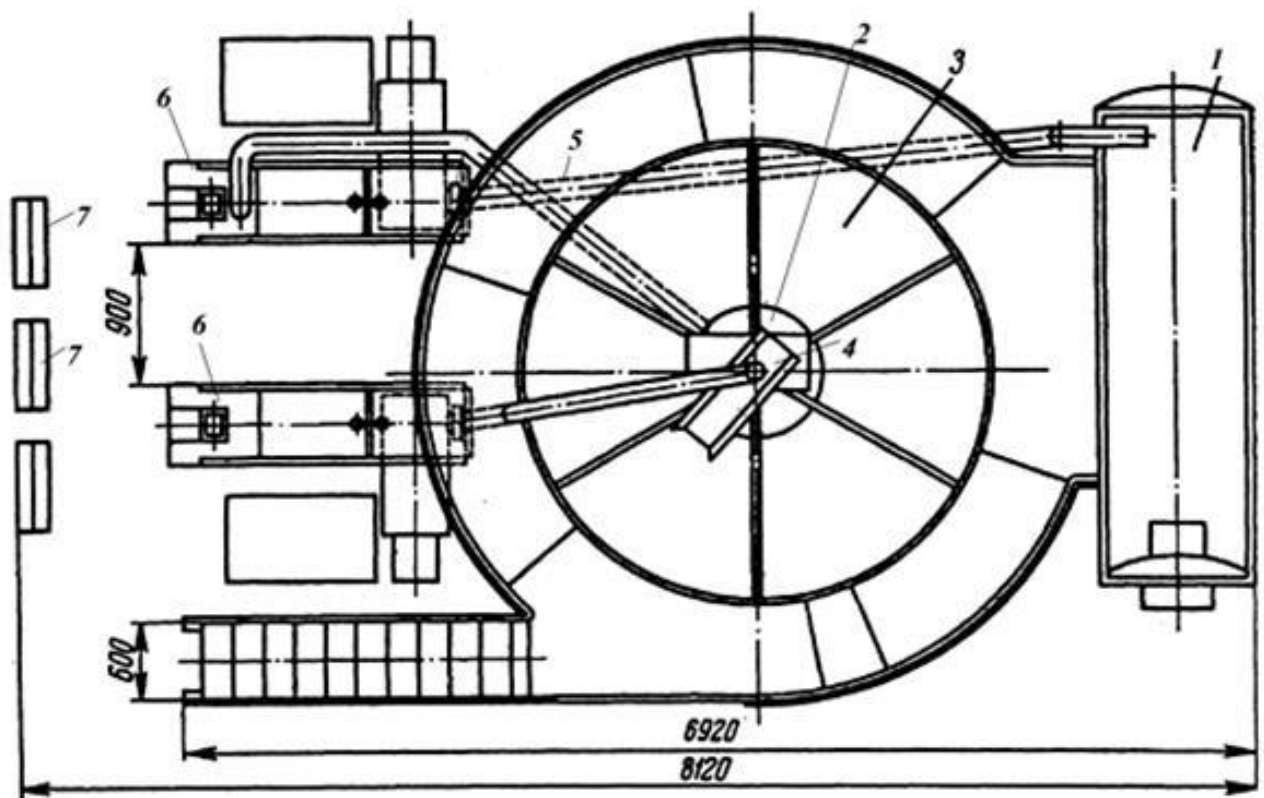


Рисунок 1.6 - Тістоготувальний агрегат И8-ХТА-6: 1 – коритоподібна ємність; 2 – привід лотка розподільника; 3 – шестисекційний бункер; 4 – поворотний лоток; 5 - трубопровід тіста; 6 – тістомісильна машина; 7 – пульт управління.

Приготування тіста в таких агрегатах ведеться наступним чином: для замішування опари в тістомісильну машину подається барабанним дозатором борошно, вода і дріжджі із дозувальної станції ВНХП-0-6. Замішана опара лопатевим нагнітачем опари по тістопроводу подається на поворотний похилий лоток, з якого надходить в одну із станцій бункера, який встановлений стаціонарно на шести опорах. Через визначений час лоток періодично повертається, по чергово заповнюючи кожен секцію опарою, де вона бродить. Повний оборот лотка відповідає часу бродіння опари.

Обертання лотка відбувається сумісно з дисковим шиберам, який встановлено в днищі бункера. Вісь лотка зміщена відносно осі шибера на 60° і направлена в напрямку в протилежному обертанню шибера. При повороті лотка на $1/6$ частину отвір шибера суміщується з отвором секції бункера і виброджена опара поступає в бункер вивантаження, звідки лопатевим нагнітачем опари подається в тістомісильну машину, в яку барабанним дозатором дозується борошно, інші компоненти для замішування тіста.

Готове тісто нагнітачем подається в коритоподібну встановлену похило на $8-9^\circ$ ємність, де тісто бродить 30-40 хв., після чого через патрубков з регульованою заслінкою подається в бункер тістоподільної машини.

Ковшовий ланцюговий конвеєр Ш2-ХББ (рис. 1.7) призначений для бродіння пшеничного тіста. Конвеєр складається із чотирьох пар зірочок, які вільно обертаються на пальцях (1 пара – приводна), на зірочки натягнені два ланцюги з кроком 140 мм, які рухаються по напрямним. До ланцюгів шарнірно прикріплено 15 ємностей місткістю 0,33 м³. Конвеєр змонтовано на каркасі Г-подібної форми, який складається із 4-ох секцій. Замішане тісто вивантажується в ємність і переміщується на бродіння, а виброджене поступає в воронку тістоподільника.

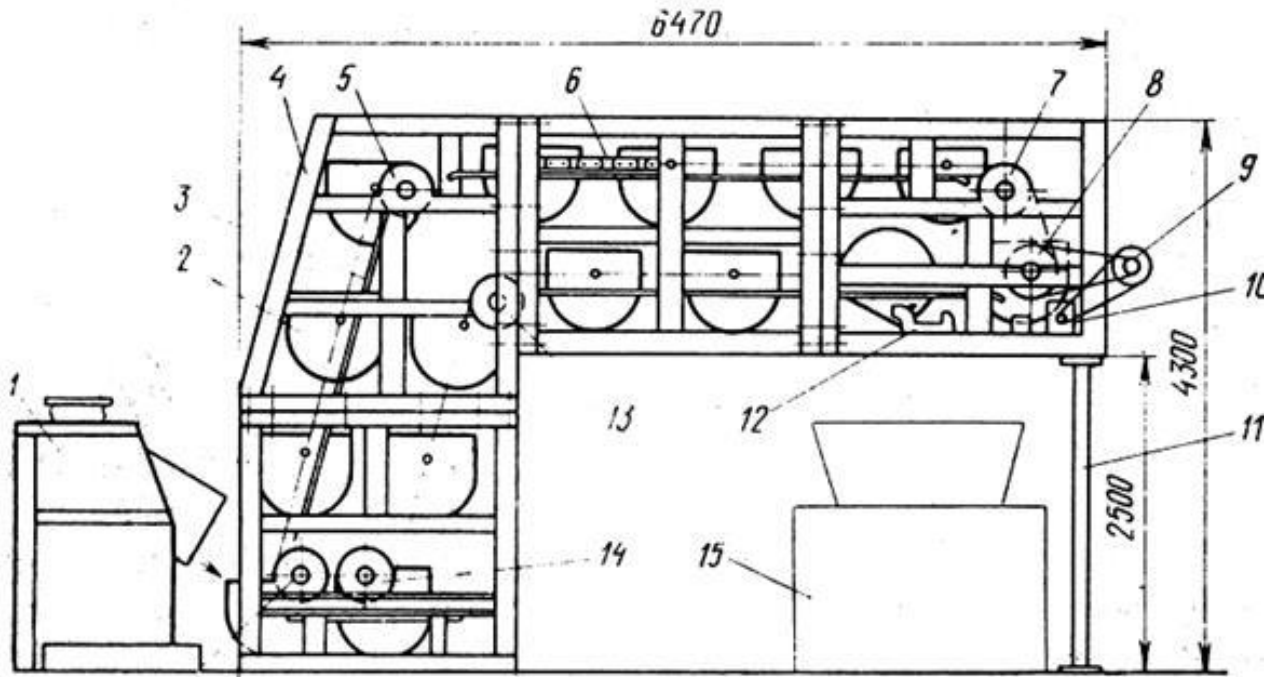


Рисунок 1.7 - Ковшовий ланцюговий конвеєр Ш2-ХББ: тістомісильна машина; 2 – ємкості; 3 – напрямні, 4 – каркас; 5, 7, 13, 16 – зірочки; 6 – втулково-роликові ланцюги; 8 – привідна пара зірочок; 9 – проміжний вал; 10 – черв'ячний редуктор; 11 – стійки; 12 – механізм для повороту ємкості; 14 – натяжна пара зірочок; 15 – тістоподільник.

Тривалість бродіння 90-100 хв., продуктивність 900 кг/год.

Агрегати для поточного приготування тіста: заміс опари тіста і бродіння відбувається в стаціонарних ємкостях з одночасним переміщенням опари чи тіста безперервним потоком.

Тістоготувальний агрегат ХТР (рис. 1.8) існує в двох варіантах: з коритоподібною ємкістю для безопарного приготування тіста, із коритоподібною ємкістю з двома відсіками для приготування тіста двофазним способом.

Перший варіант призначений для замішування тіста безопарним способом із пшеничного і житнього борошна на рідких пресованих дріжджах, або рідких заквасках і продуктивністю 15-17 т/добу.

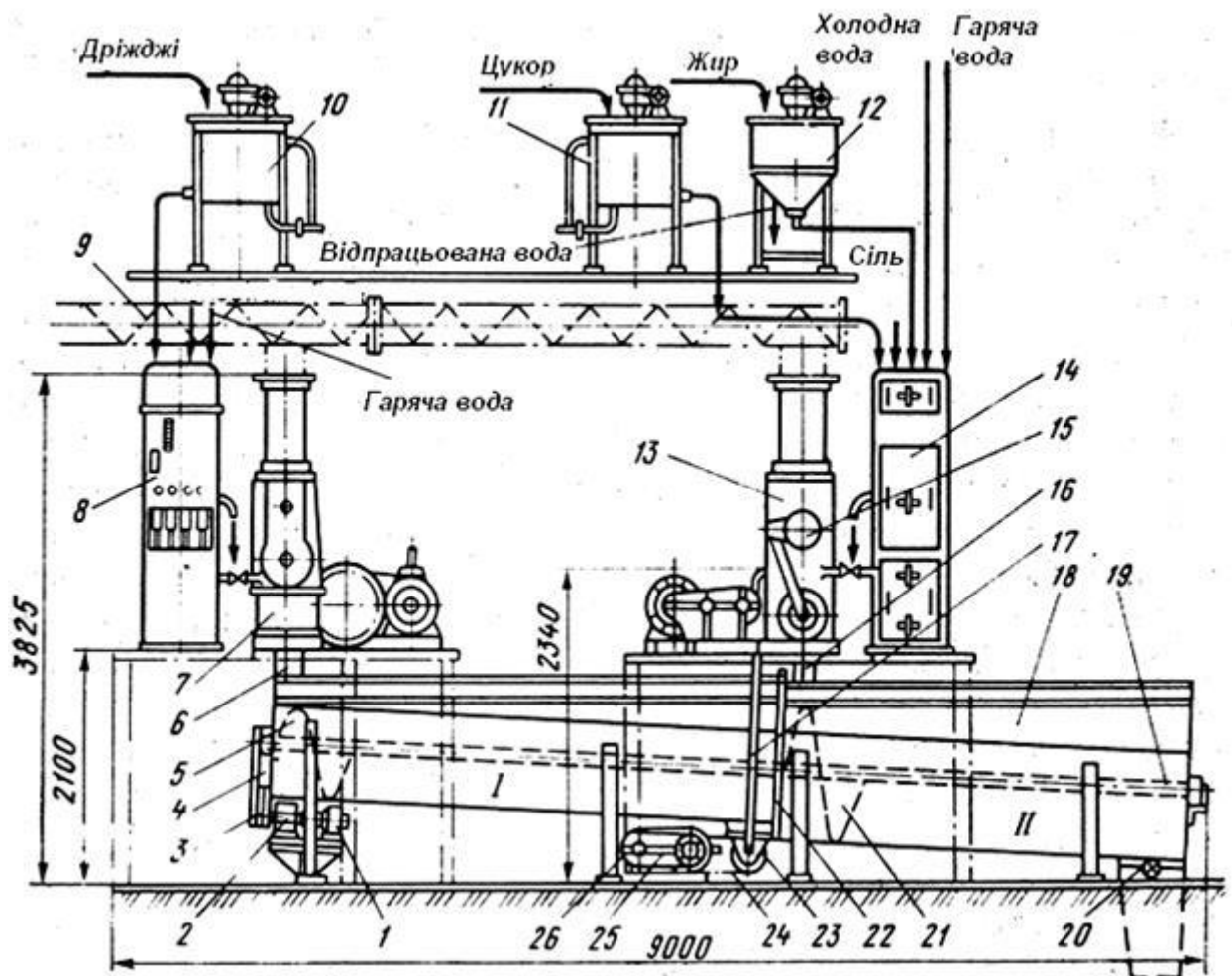


Рисунок 1.8 - Тістоготувальний агрегат ХТР: 1 - електродвигун; 2 - циліндричний редуктор; 3 - кривошип; 4 - храповий механізм, 5, 21-шнекові витки; 6, 16 – труби для перекачування опари та тіста; 7, 13 - тістомісильні машини безперервної дії Х-12Д; 8, 14 - дозувальні станції; 9 - шнек для подачі борошна; 10, 11, 12 - апарати для приготування дріжджів, розчину цукру та жиру марки Х-14 і Х-15Д; 15 - дозатор борошна; 17 - трубопровід; 18 - бродильне корито; 19 - вал; 20 - шибер; 22 - перегородка; 23 - шнековий дозатор опари; 24 - ланцюгова передача; 25 - варіатор швидкості; 26 – електродвигун шнекового дозатора.

В тістомісильну машину дозаторами безперервно дозуються борошно і всі рідкі компоненти. Замішане тісто подається в коритоподібну ємкість для бродіння. Бродильне корито складається з двох секцій, встановлених похило під кутом 3° до горизонту. Вздовж ємкості встановлено вал на трьох опорах, на якому закріплено два витка шнека. Вал періодично обертається. Бродіння

відбувається під час руху опари вздовж ємкості до випускного патрубку.

Виброжена опара в кінці секції вивантажується через отвір в ємкості і далі шнековим дозатором подається в тістомісильну машину для змішування тіста.

Замішане тісто подається в другу секцію корита, захоплюється витком шнеку і транспортується вздовж корита, під час руху виброджує. Готове тісто через отвір в днищі, який регулюється шибером, подається в бункер тісто подільної машини.

Продуктивність агрегату до 20 т/добу, загальний об'єм бродильного корита 5060 л, першої секції 2350 л, другої 2710 л.

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.

Якщо санітарно-гігієнічні вимоги до влаштування виробничого приміщення та технологічного обладнання закладаються вже на етапі проектування підприємства, то дотримання вимог гігієни праці та обробітку сировини і готової продукції забезпечується дотриманням процедури допуску персоналу до роботи з продуктами харчування та підтриманням у належному стані технологічного обладнання, виходячи з чітко визначеної періодичності обслуговувань техніки.

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, обмеженості у виробничих площах 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 тістоприготувального агрегату, в якому сумісно виконуються операції підготовки компонентів, відмірювання їх доз та заміс тіста.

Застосування такого агрегату дозволить не тільки об'єднати операції приготування, дозування компонентів і заміс тіста, а й вилучить з технологічного ланцюгу операцію міжопераційного транспортування від просіювача до тістомісильної машини, оскільки в цій установці підготовча і дозувальна секція буде встановлена безпосередньо над завантажувальною горловиною тістомісильної машини.

1.5 Мета і завдання роботи

Метою даної роботи є дослідження сучасних тенденцій розвитку технології та конструкцій забезпечення технологічного процесу приготування тіста, і на основі цього виявлення можливості знаходження додаткових ресурсів щодо покращення технологічного ефекту від виконання даного процесу або підвищення ефективності функціонування технологічного обладнання.

Завдання роботи:

1. Огляд та аналіз сучасних тенденцій розвитку і проектування засобів для приготування тіста;
2. Проведення теоретичного аналізу процесу приготування тіста на обладнанні з різним принципом дії;
3. Обґрунтування на основі аналізу існуючих конструктивних рішень конструктивні параметри моноблочного тістоприготувального агрегату;
4. Обґрунтування раціональних геометричних параметрів тістоприготувального агрегату.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Основи технологічного розрахунку тістоприготувальних агрегатів

Технологічний розрахунок тістоприготувальних агрегатів передбачає врахування ключових параметрів, що забезпечують ефективний процес дозування компонентів, замісу тіста та високу якість кінцевого продукту. Основи технологічного розрахунку тістоприготувальних агрегатів орієнтовані на забезпечення ефективного та стабільного процесу приготування тіста. Вони включають розрахунки, що визначають оптимальні параметри, які впливають на якість тіста, продуктивність обладнання та економічність виробництва.

1. Продуктивність агрегату

Продуктивність агрегату визначає кількість тіста, яке може бути виготовлене за певний час. Цей параметр важливий для забезпечення відповідності потребам виробництва та дозволяє визначити необхідну кількість обладнання:

Продуктивність агрегату можна розрахувати за формулою:

$$Q = (V \times \rho \times N) / t \quad (2.1)$$

де: Q — продуктивність агрегату (кг/год),

V — об'єм діжі (м^3),

ρ — густина тіста (приблизно $1100\text{--}1200 \text{ кг/м}^3$ для пшеничного тіста)

N — кількість циклів за годину (раз/год),

t — час замісу одного циклу (год).

2. Розрахунок часу кожного етапу технологічного процесу

Технологічний процес приготування тіста складається з кількох основних етапів: змішування, бродіння, дозрівання. Тривалість кожного етапу залежить від рецептури та особливостей кінцевого продукту.

Час замішування тіста:

$$t_{\text{заміс}} = f(W, C_{\text{білки}}, V_{\text{борошно}}) \quad (2.2)$$

де:

W — водопоглинальна здатність борошна (в частках від одиниці),

$C_{\text{білки}}$ — вміст білка в борошні,

$V_{\text{борошно}}$ — обсяг борошна.

3. Розрахунок дозування компонентів

Правильне дозування інгредієнтів критично важливе для отримання тіста з відповідними властивостями:

$$m_{\text{вода}} = m_{\text{борошно}} \times W \quad (2.3)$$

де:

$m_{\text{вода}}$ — маса води (кг),

$m_{\text{борошно}}$ — маса борошна (кг),

W — водопоглинання борошна (в частках від одиниці).

4. Енерговитрати

Енерговитрати важливі для великих виробництв. Енергетичні витрати визначаються за формулою:

$$E = P \times t_{\text{загальний}} \quad (2.4)$$

де:

E — енергетичні витрати (кВт·год),

P — потужність агрегату (кВт),

$t_{\text{загальний}}$ — час на весь цикл замісу (год).

5. Розрахунок температурного режиму

Температурний режим впливає на консистенцію тіста:

$$T_{\text{вих}} = T_{\text{поч}} + (Q_{\text{тепло}} / (c \times m)) \quad (2.5)$$

де:

$T_{\text{вих}}$ — температура на виході (°C),

$T_{\text{поч}}$ — початкова температура (°C),

$Q_{\text{тепло}}$ — тепло, що виділяється (Дж),

c — теплоємність тіста (Дж/кг·°C),

m — маса тіста (кг).

6. Розрахунок швидкості замішувального органу

Швидкість обертання забезпечує рівномірне перемішування:

$$n = v / (2\pi r) \quad (2.6)$$

де:

n — швидкість обертання (об/хв),

v — лінійна швидкість (м/с),

r — радіус замішувального органу (м).

7. Розрахунок крутного моменту

Крутний момент впливає на здатність агрегату перемішувати важке тісто:

$$M = F \times r \quad (2.7)$$

де:

M — крутний момент (Н·м),

F — сила (Н),

r — радіус замішувального органу (м).

Кожен етап розрахунку дозволяє забезпечити стабільність процесу, економічність та високу якість продукту. Визначення оптимальних параметрів агрегату сприяє отриманню тіста з відповідними властивостями.

2.2 Методика розрахунку тістоприготувальних агрегатів

Загальні кінетичні закономірності технологічних процесів, за винятком механічних, можна сформулюються у вигляді загального закону: швидкість процесу прямо пропорційна рухомій силі і зворотно пропорційна опорі.

Величина, обернена опорі, називається коефіцієнтом швидкості процесу.

Виходячи із зазначеного, загальне рівняння кінетики буде мати вигляд:

$$\frac{dV}{F \cdot d\tau} = \frac{\Delta}{R} = K\Delta, \quad (2.8)$$

де V – кількість маси або енергії;

F – площа, через яку проходить маса або енергія;

τ - тривалість процесу;

Δ - рухома сила;

R – опір;

K – коефіцієнт швидкості.

У загальному випадку рухомою силою процесу є різниця потенціалів, а у конкретних випадках:

- перепад тисків Δp між входом потоку в трубопровід або апарат і виходом потоку з трубопроводу або апарата (для гідромеханічних процесів);
- різниця температур між теплоносіями, які обмінюються теплотою (для теплообмінних апаратів);
- різниця концентрацій, що розподіляється між фазами речовини (для масообмінних процесів).

В основі розрахунку машин є визначення: масових потоків матеріалів, що переробляються, необхідної енергії, оптимальних розмірів тепломасообмінних поверхонь (об'єму) апарата, тривалість процесу, основних розмірів машин і апаратів.

При аналізі кінетичних закономірностей можна виявити умови процесу та визначити оптимальні розміри машин і апаратів.

Послідовність розрахунку машин і апаратів наступна:

- складають матеріальний та енергетичний баланси процесу;
- виходячи зі статички, визначають напрям протікання процесу та умови рівноваги;
- обчислюють рухому силу;
- на основі кінетики визначають швидкість процесу;
- за даними швидкості процесу та величини рухомої сили при знайденому оптимальному режимі процесу визначають основний розмір апарата – робочий об'єм або робочу поверхню;
- за основним розміром визначають решту розмірів апарата.

Матеріальний баланс складають на основі закону збереження маси: кількість матеріалів, що надходить ΣG_n , повинна дорівнювати кількості кінцевих продуктів ΣG_k , які отримані в результаті проведення процесу:

$$\sum G_n = \sum G_k. \quad (2.9)$$

На основі матеріального балансу визначають вихід продукції, тобто відображене у відсотках відношення отриманого продукту до максимально можливого. Вихід продукту розраховують на одиницю затраченої сировини.

Тепловий баланс складають на основі закону збереження енергії: кількість енергії $\sum Q_n$, яка введена в процесі, повинна бути рівною кількості енергії, що виділилась:

$$\sum Q_n = \sum Q_k + \sum Q_e, \quad (2.10)$$

де $\sum Q_k$ – кількість відведеної теплоти;

$\sum Q_e$ – втрата теплоти у навколишнє середовище.

Введена в процес теплота $\sum Q_n$ складається з теплоти Q_1 , яка надходить з вихідними матеріалами, підведеної, наприклад теплоносіями, теплоти Q_2 і теплоти фізичних або хімічних перетворень Q_3 .

Кількість відведеної теплоти $\sum Q_k$ складається з теплоти, яка виходить з кінцевими продуктами, і відведеної теплоносіями.

З теплового балансу визначають витрату підведеної пари, води та інших теплоносіїв.

За величинами, що характеризують робочі і рівноважні параметри, визначають рухому силу процесу, далі розраховують кінетику процесу і визначають коефіцієнт швидкості процесу.

Під інтенсивністю процесу розуміють його результат, який віднесений до одиниці часу і одиниці поверхні або об'єму апарата. Інтенсивність характеризується кількістю енергії або маси, яка пройшла за одиницю часу через одиницю поверхні або одиницю робочого об'єму апарата.

За принципом організації процесу машини і апарати поділяються на періодичної, неперервної та змішаної дії.

У періодичному процесі окремі його стадії здійснюються в одному апараті (машині), але у певній послідовності. Наприклад, завантаження компонентів у змішувач, нагрівання, змішування тіста і вивантаження.

У неперервному процесі окремі його стадії здійснюються одночасно, але в різних місцях однієї машини або апарата або в різних машинах і апаратах.

У змішаних процесах окремі стадії процесу здійснюються періодично в машинах і апаратах періодичної дії, а інші стадії – у машинах і апаратах неперервної дії.

Залежно від зміни параметрів (температур, тисків, швидкостей, концентрацій тощо) в часі процесу поділяються на встановлені (стаціонарні) і невстановлені (нестационарні).

У встановлених процесах значення параметрів постійні в часі (неперервні процеси), а у невстановлених змінюються в часі, тобто є функцією положення в просторі і в часі (періодичні процеси).

Для характеристики періодичних і неперервних процесів застосовуються наступні поняття:

- тривалість процесу τ - час, необхідний для завершення всіх його стадій від завантаження вихідної сировини до вивантаження готового продукту;
- період процесу $\Delta \tau$ - час від початку завантаження вихідної сировини даної партії до початку завантаження вихідної сировини наступної партії;
- ступінь неперервності $\tau/\Delta \tau$ - результат поділу тривалості процесу на його період.

Періодичний процес характеризується періодом $\Delta \tau > 0$, ступенем його неперервності $\tau/\Delta \tau < 1$ і єдністю місця здійснення окремих стадій процесу.

Неперервний процес характеризується періодом $\Delta \tau \rightarrow 0$, ступенем його неперервності $\tau/\Delta \tau \rightarrow \infty$ і єдністю місця проведення окремих стадій процесу.

Розрахунок апаратів (машин) періодичної дії

При розрахунку апаратів (машин) періодичної дії задаються продуктивністю за одиницю часу і періодом процесу $\Delta \tau$.

Кількість партій продукту за добу, яка виробляється одним апаратом або машиною, визначається як

$$b = \frac{24}{\Delta\tau}. \quad (2.11)$$

Кількість партій, яка повинна бути вироблена за добу для досягнення заданої продуктивності V_τ , буде рівна:

$$a = \frac{V_\tau}{V_p}, \quad (2.12)$$

де V_p – робочий об'єм апарата.

Необхідна кількість апаратів або машин визначиться за формулою

$$n = \frac{a}{b} = \frac{V_\tau \cdot \Delta\tau}{24 \cdot V_p}. \quad (2.13)$$

Якщо задана продуктивність забезпечується роботою одного апарата або машини то його робочий об'єм повинен становити

$$V_p = \frac{V_\tau \cdot \Delta\tau}{24}. \quad (2.14)$$

Розрахунок апаратів (машин) неперервної дії

Для апарата ідеального витискання, в якому проходить масообмінний процес, що призводить до зміни концентрації вихідного продукту від x_n до x_k , основне рівняння згідно з (2.8) можна записати у такому вигляді:

$$\frac{M}{V_p \cdot \tau} = K_v \cdot \Delta x_{cp}, \quad (2.15)$$

де M – масова кількість отриманого продукту;

V_p – робочий об'єм апарата;

τ - тривалість процесу;

K_v – об'ємний коефіцієнт швидкості процесу;

Δx_{cp} – середня рухома сила процесу.

У загальному випадку Δx_{cp} визначається як середня величина рухомої сили в межах зміни концентрації від x_n до x_k :

$$\Delta x_{cp} = \frac{1}{x_n - x_k} \int_{x_n}^{x_k} \Delta x dx. \quad (2.16)$$

Якщо об'єм сировини, яка переробляється за одиницю часу, складає V_p , то середня продуктивність апарата за одиницю часу становить

$$M_\tau = \frac{M}{\tau} = V_\tau (x_k - x_n), \quad (2.17)$$

а робочий об'єм апарата

$$V_p = \frac{V_\tau (x_k - x_n)}{K_v \cdot \Delta x_{cp}}. \quad (2.18)$$

Між продуктивністю апарата і його робочим об'ємом існує певний зв'язок:

$$V_p = V_\tau \cdot \tau. \quad (2.19)$$

Тривалість процесу визначають виходячи з рівнянь (2.15) і (2.16):

$$\tau = \frac{x_k - x_n}{K_v \cdot \Delta x_{cp}}. \quad (2.20)$$

Загальні підходи до розрахунку комбінованих агрегатів можна виразити наступним виразом, який відображає рівність основного технологічного параметру кожної складової тістомісильного агрегату

$$P_{нк} = P_{ок} = P_{нт} = P_{зо}, \quad (2.21)$$

де $P_{нк}$ – продуктивність засобів приготування компонентів (просіювач борошна, цукру тощо), кг/год;

$P_{ок}$ – продуктивність засобів дозування компонентів (борошна, розчинів тощо), кг/год;

$P_{нк}$ – продуктивність засобів приготування тіста (тістомісильна машина), кг/год;

$P_{зо}$ – продуктивність заключних операцій (вистоювання тіста), кг/год.

Таким чином, для розрахунку технологічних та конструктивних параметрів тістоприготувального агрегату необхідно узгодити продуктивності всіх елементів, які входять до його складу.

2.3 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 такого вирішення 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 тістоприготувального агрегату зі складовими різної конфігурації з метою виявлення його оптимальних параметрів для заданих умов проектування. Для цього необхідно здійснити наступні кроки:

1. Дослідити сучасні тенденції розвитку і проектування тістоприготувального обладнання.

2. Виявити можливі напрямки удосконалення засобів для підготовки компонентів та приготування тіста.

3. Провести теоретичний аналіз процесу підготовки компонентів та приготування тіста на обладнанні з різним принципом дії.

4. На основі існуючих конструктивних рішень обґрунтувати конструктивну схему моноблочного тістоприготувального агрегату.

4. На основі технологічного, конструктивного та енергетичного розрахунків визначити раціональні конструктивні параметри тістоприготувального агрегату.

5. Зробити висновки з виконаної роботи.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1 Аналіз тістоприготувальних агрегатів

Таблиця 3.1 - Порівняльна характеристика тістоприготувальних агрегатів

Найменування агрегату	Марка,	Продуктивність, т/добу	Об'єм бункера, м ³		Призначення агрегату
			для опари	для тіста	
Агрегат тістоприготувальний бункерний	I8-ХТА-6	15	6	1,0	для приготування тіста на великій густій опарі)
Агрегат тістоприготувальний бункерний	I8-ХТА-12	30	12	1,0	те ж
Агрегат тістоприготувальний бункерний	МТІПП-РМК-7	15	7,2	0,4	те ж
Агрегат тістоприготувальний періодичної дії	РЗ-ХТП	15		1,0	для приготування тіста на КМКЗ
Агрегат тістоприготувальний з інтенсивною обробкою тіста	РЗ-ХТН	15...23	5,0	0,5	для приготування тіста на рідкій опарі
Тістоприготувальний агрегат	ХТР	15...20	2,35	2,71	для безопарного з 1 секцією, для опарного з 2 секціями
Агрегат тістоприготувальний бункерний	A2-ХНП/21	20...27	6	0,4	для приготування тіста на великій густій опарі (заквасці)
Агрегат тістоприготувальний бункерний	Л4-ХАГ-13	30	13	0,7	для приготування тіста на великій густій опарі (заквасці)

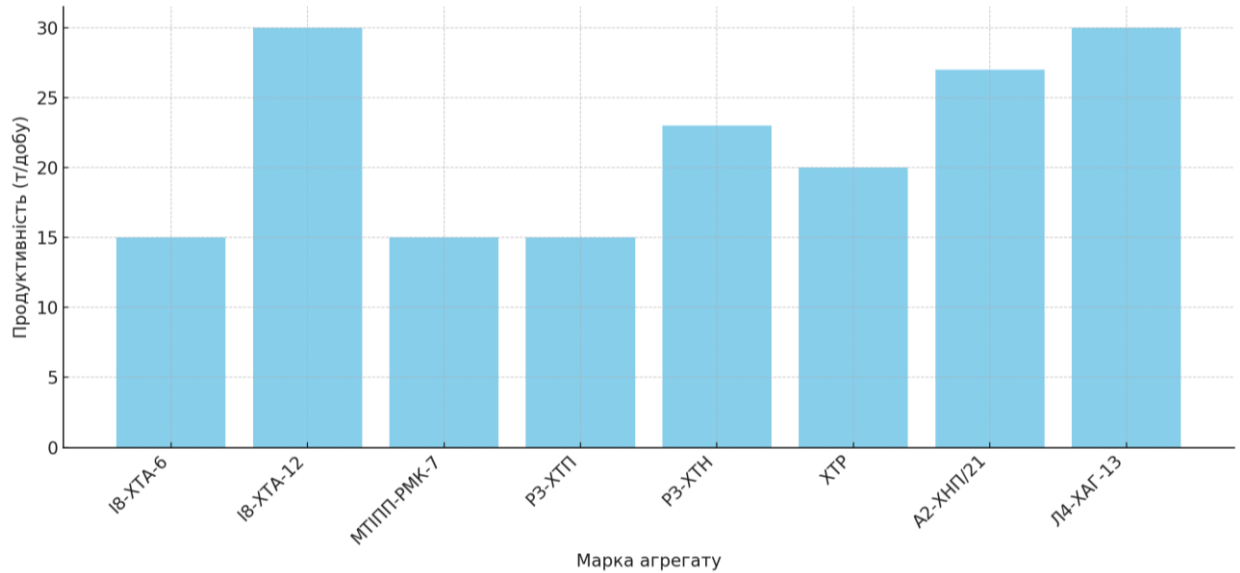


Рисунок 3.1 – Продуктивність тістоприготувальних агрегатів (т/добу)



Рисунок 3.2 - Об'єми бункерів для опари та тіста тістоприготувальних агрегатів, м³

Графіки демонструють продуктивність тістоприготувальних агрегатів: Зіставлення продуктивності агрегатів показує, що найвищу продуктивність мають агрегати марок І8-ХТА-12 та Л4-ХАГ-13 (30 т/добу).

Об'єми бункерів для опари та тіста: Графік порівняння об'ємів бункерів для опари та тіста виявляє, що агрегати з великим об'ємом бункера для опари мають підвищену продуктивність, особливо моделі з великими показниками об'ємів, як І8-ХТА-12 і Л4-ХАГ-13.

Ці дані дозволяють порівняти технічні характеристики обладнання і вибрати оптимальний агрегат відповідно до потреб виробництва. Тістоприготувальний агрегат А2-ХНП/21 має високу продуктивність не зважаючи на те що має не великий розмір бункера для опари і тіста. Отже для дослідження ми вибираємо саме його.

До складу тістоприготувального агрегату А2-ХНП/21 (рис.3.3) входить таке основне обладнання:

- машина тістомісильна;
- дозатор рідких компонентів;
- дозатор сипких компонентів.

Від цього обладнання залежить злагоджена робота тістоприготувального агрегату в цілому.

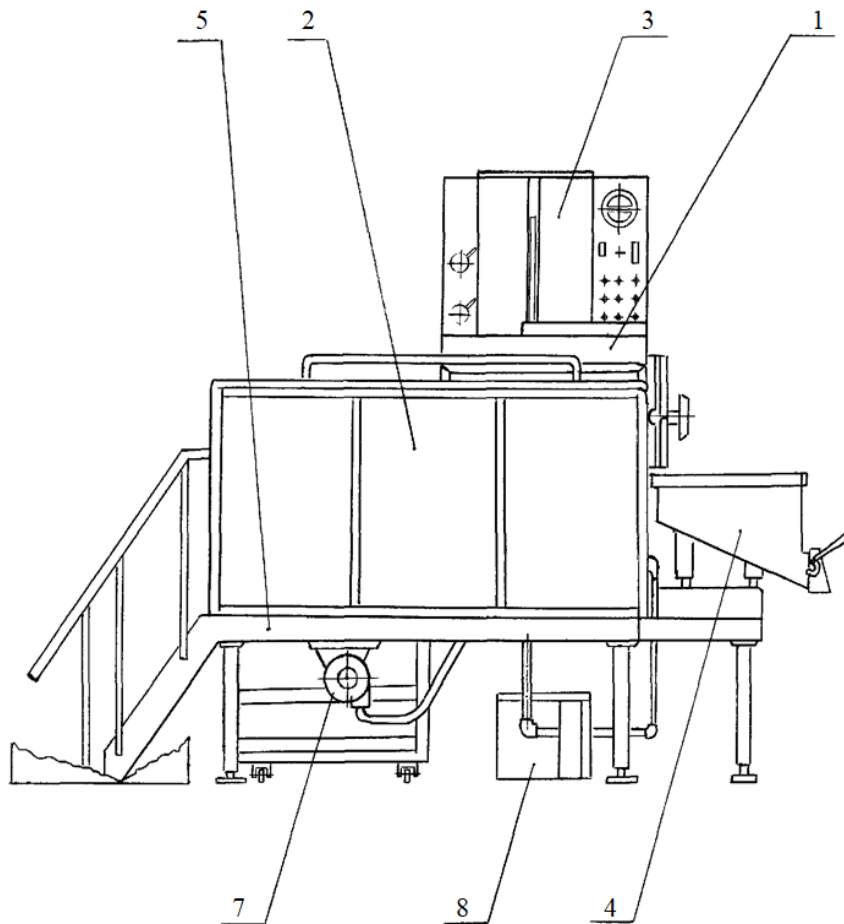


Рисунок 3.3 - Тістоприготувальний агрегат А2-ХНП/21:

1-машина тістомісильна; 2-камера бродильна; 3-дозатор води; 4-бункер для бродіння тіста; 5-майданчик; 6-вага; 7-насос для перекачування опари; 8-насос для перекачування води.

Тістоприготувальний агрегат А2-ХНП/21 призначений для автоматизації процесу приготування тіста на хлібопекарських підприємствах. Він забезпечує безперервний заміс тіста з пшеничного та житнього борошна, що підвищує ефективність виробництва та стабільність якості продукції.

Основні характеристики агрегату А2-ХНП/21:

Продуктивність: залежить від конкретної моделі та налаштувань, зазвичай становить кілька тонн тіста на годину.

Тип замісу: безперервний, що дозволяє уникнути простоїв та забезпечує рівномірність процесу.

Конструкція: складається з бункера для борошна, дозаторів рідких компонентів, тістомісильної камери та системи контролю параметрів процесу.

Матеріали: виготовлений з нержавіючої сталі, що відповідає санітарно-гігієнічним нормам харчової промисловості.

Переваги використання А2-ХНП/21:

Автоматизація процесу: зменшує потребу в ручній праці та мінімізує людський фактор.

Стабільна якість тіста: завдяки точному дозуванню інгредієнтів та контролю параметрів замісу.

Енергоефективність: сучасні моделі споживають менше енергії порівняно з традиційними методами замісу.

Легкість обслуговування: конструкція агрегату дозволяє швидко проводити очищення та технічне обслуговування.

Використання тістоприготувального агрегату А2-ХНП/21 сприяє підвищенню продуктивності хлібопекарського виробництва та забезпечує високу якість готової продукції.

Тістомісильна машина А2-ХНП/5 складається з каркаса, на якому кріпиться місильний барабан. Барабан складається з циліндричної місильної ємкості, всередині якої розміщений місильний орган. Тістомісильний орган виконаний у вигляді одного витка стрічкового шнека із змінним кроком.

Один кінець місильного органа нерухомо з'єднаний з валом підшипникового вузла. Підшипниковий вузол встановлений на торцевій стінці циліндра місильної ємкості. Другий кінець місильного органа, що виконаний у вигляді цапфи рухомо зв'язаний з торцевою кришкою місильного барабана. Кришка закріплена на барабані петлями за допомогою пристрою для герметичного притискання її до торцевої поверхні барабана.

У верхній частині барабана розміщена горловина з кришкою для подачі в машину борошна та допоміжної сировини. На стінці горловини закріплено патрубок для подачі води.

В нижній частині барабана закріплено патрубок з краном для перекачування рідких напівфабрикатів та зливу води у каналізацію.

Привід машини здійснюється від електродвигуна за допомогою клинопасової передачі, черв'ячного редуктора та ланцюгової передачі. Бродильна камера А2-ХНП/6 виконана у вигляді бункера прямокутної форми, що розділений перегородками на 9 частин. Бункер встановлений на каркасі і обшитий щитами з теплоізоляцією. В нижній частині бункера, в кожному відсіку, приварені патрубки з кранами. Крани з'єднані між собою колектором, який, у свою чергу, за допомогою трубопроводу з'єднаний з насосом для перекачування опари. Зверху бункер закритий кришками.

Дозатор води А2-ХНП/5.04.000 виконаний у вигляді ємкості з нержавіючої сталі місткістю 30 л. Дозатор води обладнаний трубчатими електричними нагрівачами, мірним склом, регулювальним термометром з датчиком вимірювання температури води. Для проведення санітарної обробки у верхній частині розміщено кришку.

Вода подається в дозатор із зовнішньої водопровідної мережі або з водонагрівача-температора через кран. Відбір води здійснюється через кран, що встановлений на лицевій стороні дозатора.

Бункер для бродіння тіста А2-ХНП/18 виконаний з нержавіючої сталі у вигляді ємкості, що розділена на три відділення. Місткість кожного з відділень 100 л, розрахована на бродіння порції тіста, яке вивантажується з

тістомісильної машини. В нижній частині розміщена засувка, яка закриває отвір для випуску тіста в бункер тістоділильної машини.

Бункер в своїй нижній частині спирається на ролики для переміщення його під час завантаження тістом з тістомісильної машини або для вивантаження відбродженого тіста в бункер тістоділильної машини А2-ХНП/8.

Працює тістоприготувальний агрегат А2-ХНП/21 наступним чином.

Для приготування опари в тістомісильну машину з дозатора води подають воду, після чого добавляють борошно і дріжджі. Замішену опару насосом перекачують в один з відсіків бродильної камери. Після бродіння опару цим же насосом подають в тістомісильну машину. Добавляють соляний розчин і решту борошна. Замішують тісто. Замішане тісто вивантажують з машини в бункер для бродіння.

Все обладнання, яке входить до складу агрегату, змонтовано на майданчику.

3.2 Розрахунок параметрів тістоприготувального агрегату

Як було зазначено раніше, однією із основних умов побудови комплектного тістоприготувального агрегату неперервної дії є рівність продуктивності всіх елементів, які входять до складу цього агрегату. З врахуванням того, що процес приготування тіста здебільшого має періодичний характер, то основною вимогою буде дотримання загальної продуктивності агрегату при змінних технологічних параметрах всіх елементів, які входять до його складу.

Таким чином, умову задовільності технологічного режиму роботи тістоприготувального агрегату можна записати виразом

$$T_a = (T_{np} + T_d + T_z + T_e) \cdot n_y, \quad (3.1)$$

де T_a – тривалість роботи агрегату, год.;

T_{np} – тривалість просіювання борошна, год.;

T_d – тривалість дозування компонентів, год.;

T_3 – тривалість замісу тіста, год.;

T_6 – тривалість вивантаження готового тіста, год.;

n_y – кількість циклів роботи агрегату за годину.

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 агрегату необхідно здійснювати виходячи з дотримання технологічних параметрів, які впливають з специфіки виконання тієї, чи іншої операції. Наприклад, процедура просіювання борошна не характеризується певними часовими характеристиками, які тією чи іншою мірою можуть вплинути на якість та повноту виконання цієї операції. В такому випадку тривалість просіювання буде чинником, на який впливатиме загальна тривалість виконання операції приготування тіста з врахуванням годинної циклічності роботи. З іншого боку, тривалість операції замісу тіста передбачає визначений діапазон, який безпосередньо може вплинути на якість та повноту виконання цієї операції. Тобто, оптимізація продуктивності роботи замішувальної частини агрегату передбачатиме визначення певних конструктивних параметрів машини, які будуть задовольняти умови її використання.

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

Оскільки, найбільш важливим елементом тістоприготувального агрегату є тістомісильна машина, то визначення технологічних, кінематичних, часових та енергетичних параметрів необхідно розпочати саме з неї.

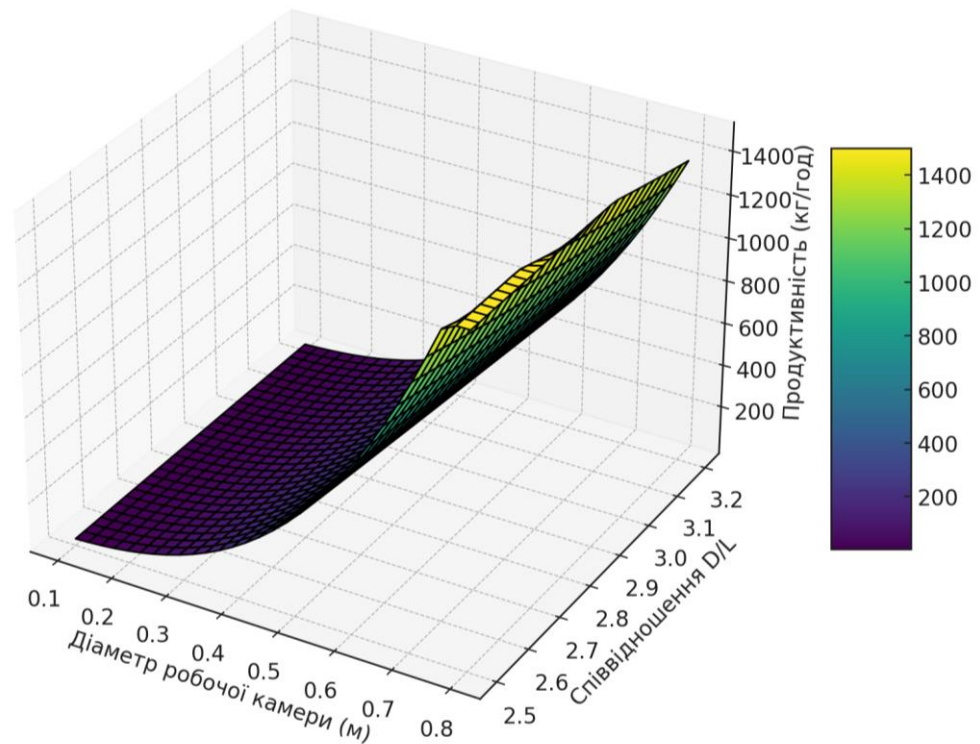


Рисунок 3.4 - Залежність продуктивності тістомісильної машини від діаметра робочої камери та співвідношення між її діаметром та довжиною.

На графіку зображено залежність продуктивності тістомісильної машини від діаметра робочої камери та співвідношення $D/LD/LD/L$ при обмеженні продуктивності від 0 до 1500 кг/год. Графік показує, що зростання діаметра робочої камери та збільшення співвідношення $D/LD/LD/L$ значно підвищує продуктивність, досягаючи максимальних значень у верхніх межах діаметра і співвідношення.

Нами було проведено моделювання технологічних та конструктивних параметрів тістомісильної машини, в результаті якого за певних допущень, які впливають з режиму роботи агрегату було отримано наступні графічні залежності, що подані на рис. 3.4. Виходячи з раціональної кількості робочих циклів за годину рівною 3 слід шукати раціональні параметри, які відповідають (для наших умов) продуктивності 200 кг/год. Як видно з рис.3.4, необхідну продуктивність можна досягнути при співвідношенні між діаметром робочої камери та її довжиною на рівні 2,6, за умови використання

робочої камери з радіусом 0,35 м. З врахуванням цього визначаємо робочий об'єм камери, яка повинна становити 87 дм³.

Далі будуємо графічні залежності діаметра дозуючого трубопроводу дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка (рис.3.5).

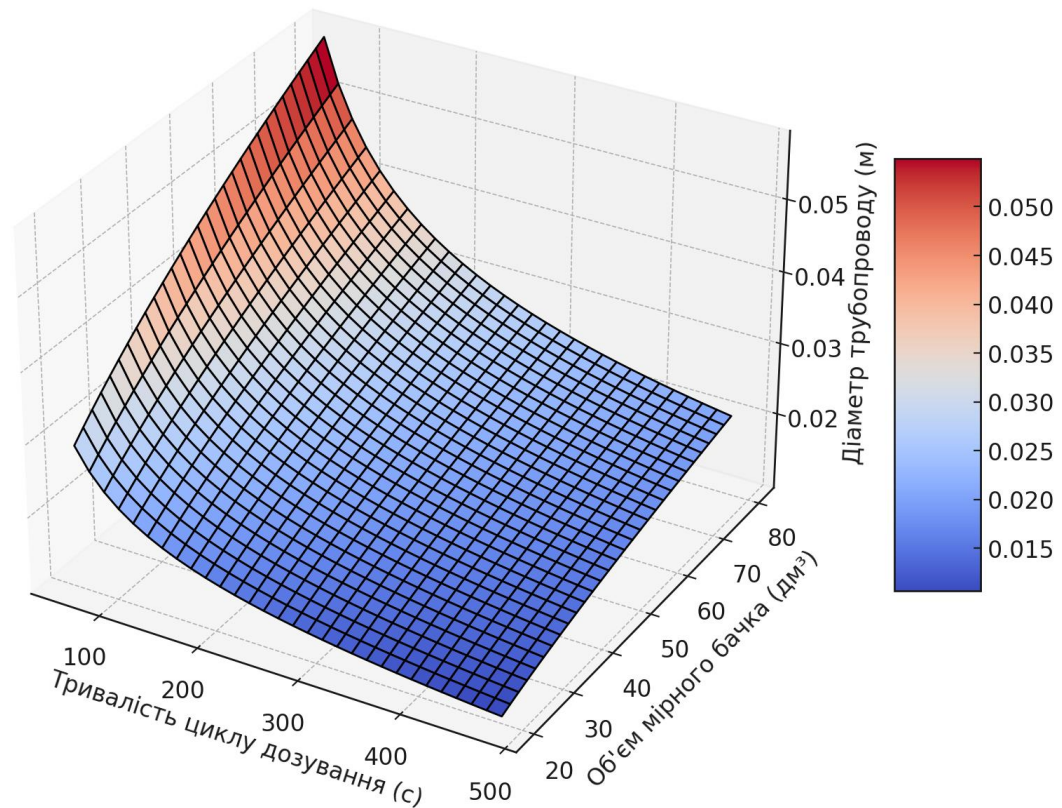


Рисунок 3.5 - Залежність діаметра дозуючого трубопроводу дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка.

На графіку представлено залежність діаметра трубопроводу від тривалості циклу дозування (на горизонтальній осі) та об'єму мірного бачка (на вертикальній осі). Ця орієнтація дає змогу краще оцінити, як зміна об'єму та тривалості дозування впливає на необхідний діаметр трубопроводу для забезпечення оптимального потоку рідини.

Далі будемо графічні залежності продуктивності дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка (рис.3.6).

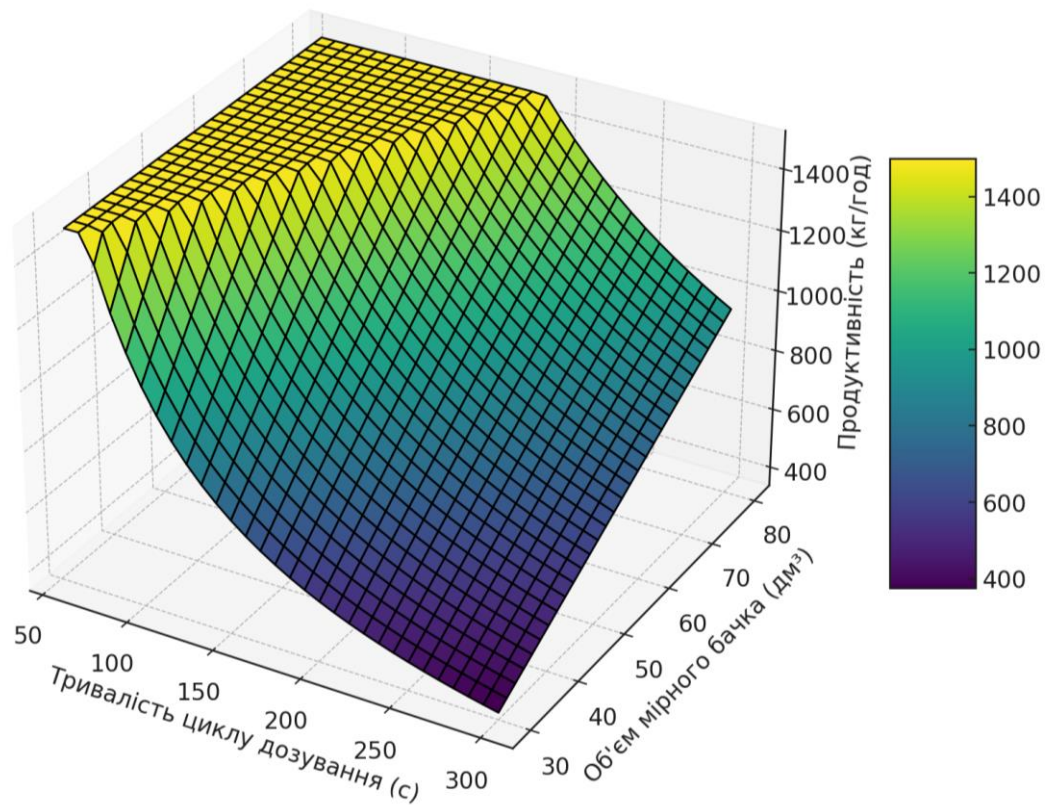


Рисунок 3.6. Залежність продуктивності дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка.

На графіку представлена залежність продуктивності дозатора рідких компонентів від тривалості циклу дозування та об'єму мірного бачка. При зменшенні тривалості циклу або збільшенні об'єму бачка продуктивність дозатора підвищується, досягаючи максимальних значень у межах 1500 кг/год. Цей графік допомагає зрозуміти, як можна налаштувати параметри дозування для досягнення потрібної продуктивності

Таким чином, ми графічним моделюванням залежностей, які визначають взаємозв'язок між основними технологічними, часовими, кінематичними та конструктивними розмірами здійснили підбір всіх складових тістоприготувального агрегату.

Надалі нам необхідно визначити енергетичні параметри складових тістоприготувального агрегату. Для цього необхідно скористатись формулами для визначення потужності на привод барабанного просіювального пристрою, шнекового дозатора, тістомісильної машини, які наведені в 2 розділі.

Отже, розраховуємо потужність на подолання тертя в підшипниках

$$N_1 = (45 + 15) \cdot 9,81 \cdot 0,15 \cdot 0,25 \cdot 4,19 = 92,48 \text{ Вт.}$$

Визначимо потужність на підняття борошна (2.44)

$$N_2 = \frac{45 \cdot 1,2 \cdot 0,2 \cdot 9,81 \cdot 4,19}{3,14} = 141,38 \text{ Вт.}$$

Сумарна потужність, необхідна для обертання барабана сита (2.45)

$$N = 92,48 + 141,38 = 233,86 \text{ Вт.}$$

З врахуванням к.к.д. приводу необхідна потужність електродвигуна буде рівна (2.45)

$$N = \frac{233,86}{0,65} = 359,8 \text{ Вт.}$$

Приймаємо потужність, необхідну для приводу просіювального пристрою рівною 360 Вт.

Визначимо потужність на валу дозувального шнека (2.67)

$$N_{ш} = \frac{700 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot (0,20 \cdot 0,98 - 0,17)}{0,5} = 178,5 \text{ Вт.}$$

З врахуванням того, що просіювач і дозатор борошна мають спільний привід, тоді можна визначити сумарну потужність двигуна

$$N_{сум} = 359,8 + 178,5 = 538,3 \text{ Вт.}$$

Таким чином, для приводу просіювача та дозатора борошна необхідно буде застосування електродвигуна потужністю 550 Вт.

Визначасмо параметри приводу для тістомісильної машини.

Робота, що затрачається на перемішування маси (2.87)

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

Робота, що затрачається на переміщення місильних лопатей (2.91)

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

Робота, що затрачається на нагрівання тіста і дотичних до нього металевих частин машини (2.93)

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

Робота, що використовується на зміну структури тіста (2.100)

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

Сумарна робота, яку виконує тістомісильна машина (2.82)

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

Потужність електродвигуна приводу (2.102)

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

Таким чином, для приводу тістоприготувального агрегату 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.

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. Організм людини здатний переносити без наслідків такі дії лише, якщо вони не перевищують певних рівнів і тривалості. За межами цих рівнів і тривалості виникає пошкодження організму, яке при досягненні певного ступеня кваліфікується як нещасний випадок, травма. Безпосереднім джерелом таких пошкоджень може бути будь-який з компонентів праці.

Пошкодження організму можуть виникати внаслідок: як безпосередньо контактних дій, так і дистанційних, одразу після дії або через певний проміжок часу.

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.

Небезпечні виробничі фактори поділяють на явні, якщо їх дія на людину очевидна і для її запобігання необхідні певні заходи і які потенційно

можуть діяти на людину при певних її діях, виникненні аварій та в інших небезпечних умовах.

Так, 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 “нещасний випадок” і “травма”. Травма є випадковою подією внаслідок дії небезпечного виробничого фактора на людину. Поняття “нещасний випадок” пояснює достовірність факту виникнення травми, а тому його окремою подією вважати не можна.

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.

Вичерпні знання обставин, внаслідок яких виник нещасний випадок або може статися аварія, травм а чи більш важкі наслідки, необхідні для глибокого розуміння процесу зародження, нормування та виникнення небезпечних ситуацій – випадкових явищ, що передують травмам, аваріям, катастрофам.

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.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

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).

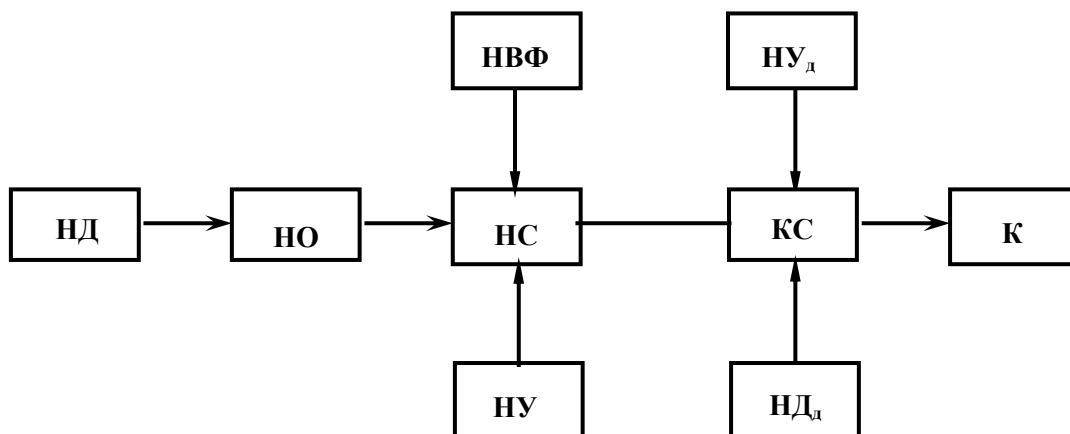


Рисунок 4.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних та катастрофічних ситуацій:

НВФ-небезпечний виробничий чинник; НУ-небезпечні умови; НД-небезпечні дії; НО-небезпечні обставини; НС-небезпечна ситуація; А-аварія; Т-травма; КС-критична ситуація; НУ_д-небезпечні умови додатково; НД_д-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 безпеки, а також вживати термінових заходів для першочергового усунення небезпек з більш високим рівнем.

Аналіз умов, обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови “дерева відказів” та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві. Так, побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм при роботі.

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. 5.2).

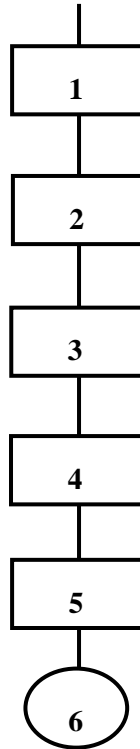


Рисунок 4.2 - Схема побудови логіко-імітаційних моделей:

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;
- 6 – 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

Проаналізувавши кожну із логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію з якої починається небезпечний процес ще до виникнення небезпечних наслідків.

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

Для оцінки рівня безпеки 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 головної випадкової 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.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

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. 4.3.

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} :

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

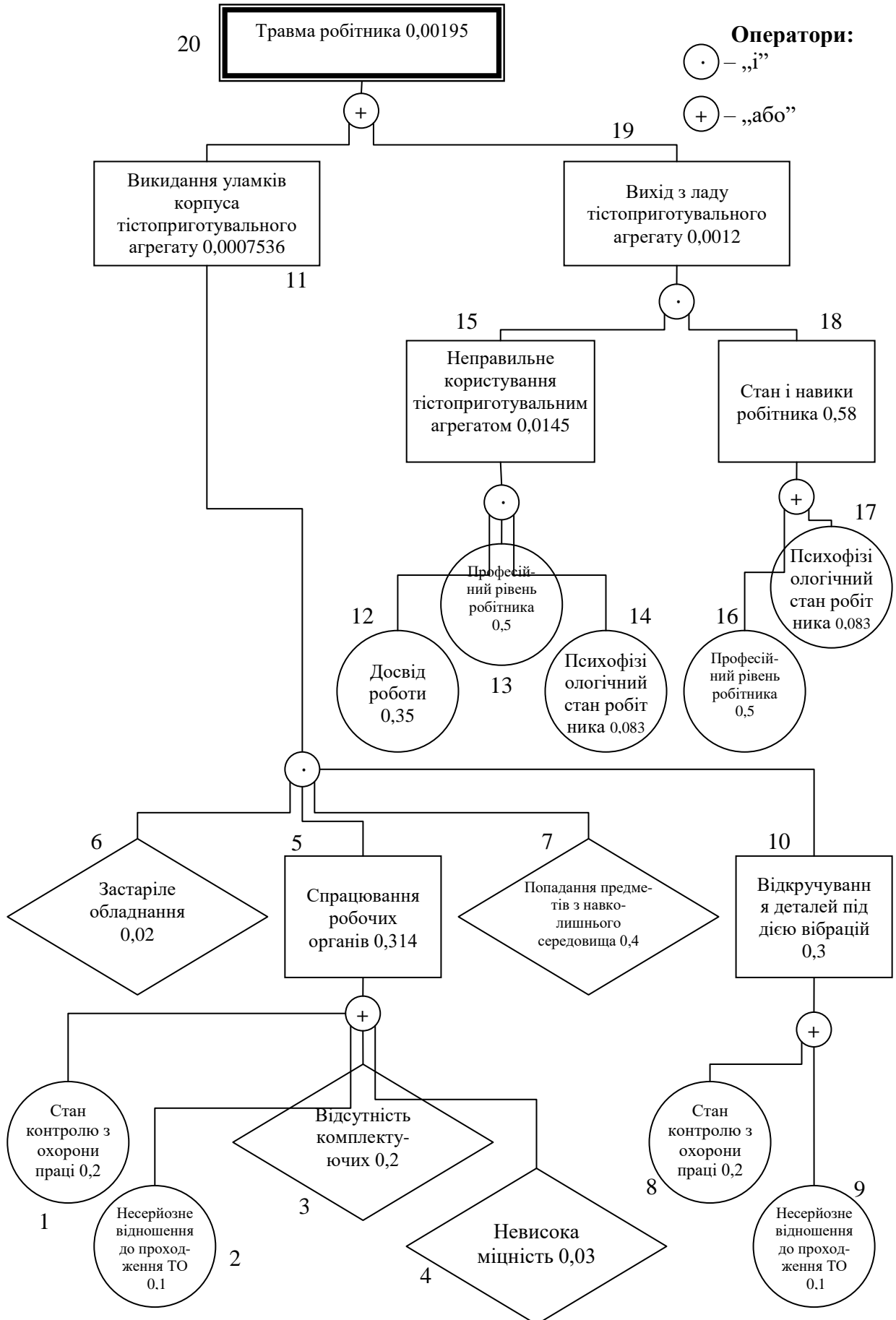


Рисунок 4.3 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час виробництва хлібобулочних виробів.

Ймовірність травми рівна ймовірності виникнення аварії. Це пов'язано з тим, що остання можлива лише за умови контролю людиною роботи просіювала борошна.

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.

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

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

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 РОБОТИ

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

Ефективність процесу приготування тіста E_ϕ відображається як

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

де Q – продуктивність машини, кг/год;

N_m – потужність машини, кВт.

Енергоємність процесу оцінюється співвідношенням

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

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

N_m – потужність машини, кВт.

Металоємність процесу просіювання 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

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

де Z_n – затрати праці на виконання технологічної операції, люд·год.

Питома вартість технічного засобу

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

де B_ϕ – балансова вартість, грн., яка визначається як

$$B_{\bar{o}} = C_{\bar{m}} + B_{\bar{m}} + B_m + B_M + B_{\bar{m}p} + B_{co} + B_{mz}, \quad (5.6)$$

де $C_{\bar{m}}$ – ціна машини, грн.;

$B_{\bar{m}}$ – вартість передпродажної підготовки машини, грн.;

B_m – вартість транспортування, грн.;

B_M – вартість монтажу машини, грн.;

$B_{\bar{m}p}$ – вартість пусконаладжувальних робіт, грн.;

B_{co} – вартість сервісного обслуговування, грн.;

B_{mz} – вартість тимчасового зберігання, грн.

Річні затрати енергії на експлуатацію машини визначаються як

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

де T_p – річний бюджет часу роботи обладнання, год.

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

$$B_{ee} = Z_{ee} \cdot C_{ee} \cdot B_{\bar{ndv}}. \quad (5.8)$$

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

$B_{\bar{ndv}}$ – податок на додану вартість, $B_{\bar{ndv}} = 1,2$.

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

Як видно з таблиці 5.1, розроблюваний моноблочний тістоприготувальний агрегат загалом має найкращі показники серед всіх типів конструкцій, які брались до уваги. Особливо відчутне підвищення ефективності виконання технологічного процесу приготування тіста при порівнянні конструкції ТПА-500 з агрегатом конструкції Гатилина.

На рис. 5.1 подано залежності річної вартості затраченої електроенергії для виконання технологічної операції приготування тіста за умов однакової виробничої програми для однозмінної і двозмінної роботи.

Таблиця 5.1 - Зведені результати розрахунку енергетичних і техніко-економічних показників тістоприготувальних агрегатів

Параметр	Позначення	Одиниці виміру	Марка машини				
			I8-ХТА-6	P3-ХТП	Л4-ХАГ-13	ХТР	A2-ХНП/21
Ефективність процесу	E_{ϕ}	кг/(кВт·год)	17,9	25,6	141,17	178	250
Енергоємність процесу	E	(кВт·год)/кг	0,056	0,039	0,007	0,004	0,006
Металоємність процесу	M	кг/(кг/год)	8,7576	6,0000	3,0833	1,9750	1,9600
Трудомісткість процесу	T_p	люд·год/(кг/год)	0,155	0,168	0,026	0,026	0,013
Питома вартість машини	B_n	грн/(кг/год)	350,212	260,313	50,117	40,545	40,350
Річні затрати електроенергії (1 зміна)	$З_{ee1}$	кВт·год	14560	7480	14225	7982	4852
Річні затрати електроенергії (2 зміна)	$З_{ee2}$	кВт·год	29120	14960	28450	15964	9704
Річна вартість електроенергії (1 зміна)	B_{ee1}	грн.	87360	44880	85350	47892	29112
Річна вартість електроенергії (2 зміна)	B_{ee2}	грн.	174720	89760	170700	95784	58224
Затрати праці	$З_n$	люд·год	2,56	2,68	3,12	5,11	1,67
Балансова вартість машини	B_{ϕ}	грн.	108100	92100	111400	150900	41750

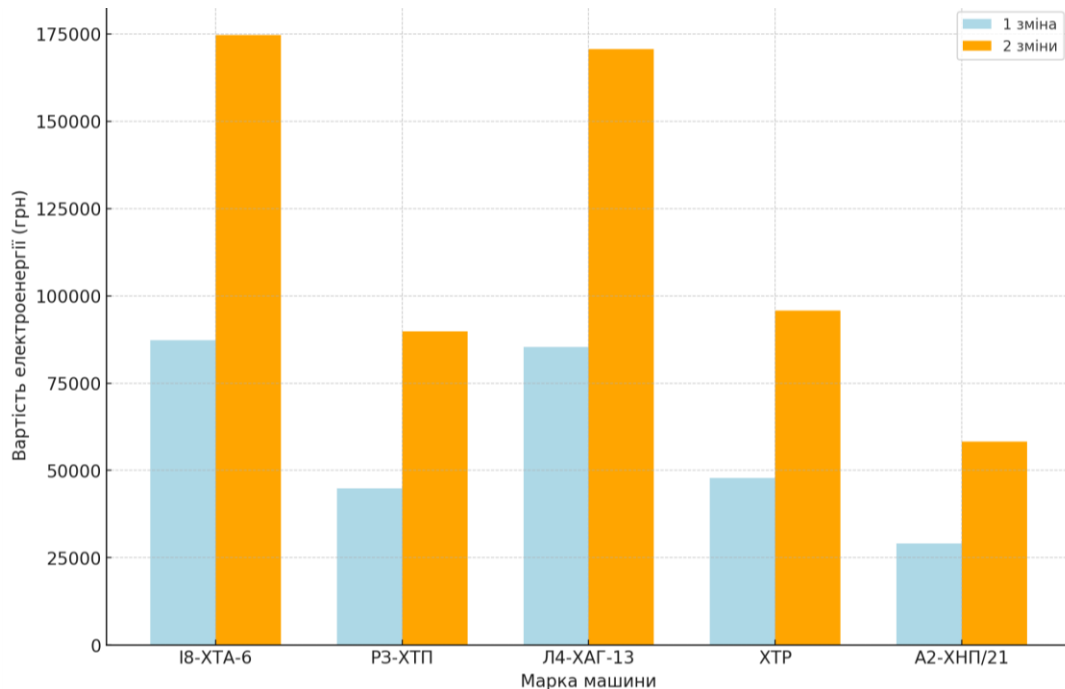


Рисунок 5.1 - Річна вартість електроенергії для виконання технологічної операції приготування тіста при застосуванні різних конструкцій машин.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

Проведений аналіз класифікаційних ознак і конструкцій серійних тістоприготувальних агрегатів та 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 тістоприготувальні агрегати виконуються з комбінованою блочною станиною, в якій частково вирішується питання між операційного транспорту. Стосовно методу вивантаження, то це здійснюється за допомогою спеціальних проміжних транспортерів.

Виходячи з цього метою даної роботи є дослідження конструктивних розмірів елементів тістоприготувального агрегату для заданих умов використання.

Проведений огляд теоретичних основ просіювачів борошна, дозаторів борошна та рідких компонентів, а також 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 методику розрахунку параметрів складових елементів, які входять до складу тістоприготувального агрегату.

На основі розробленої таблиці корисності та аналізу коефіцієнта технічного рівня 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 тістоприготувального агрегату.

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 тістоприготувальних агрегатів виявлено, що досліджувана конструкція характеризується найкращими показниками, що свідчить про перспективність застосування моноблочних тістоприготувальних агрегатів у потокових лініях виробництва хлібобулочних виробів малої потужності.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Барановський, О. Г. Основи технології хлібопекарського виробництва / О.В. Г. Барановський, І. В. Петренко. — Харків : ХНТУ, 2018.
2. Богомолів О.В., Гурський П.В., Богомоліва В.П. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: Навч. посібник. — Х.: Еспада, 2005. — 432 с.
3. Гречишкін, С. д. Технологія хліба і хлібобулочних виробів / С. д. Гречишкін. — Київ : Аграрна освіта, 2015. — 320 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. — 576 с.
5. Гвоздев О. В., Ялпачик Ф. Ю. Машина та обладнання хлібопекарського виробництва: навч. посіб. — Мелітополь: ТДАТУ, 2015. — 200 с.
6. Жидецький В.Ц., Джигерей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Підручник. - Вид. 5-те доповнення. - Львів: Афіша, 2000. — 350 с.
7. Закон України “Про охорону праці”.
8. Закон України “Про цивільну оборону”.
9. Залого 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.
10. 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
11. Кодра Ю.В., Стоцько З.А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: Навч. посібник. — Львів: Бескид Біт, 2004. — 466 с.
12. Коваленко, Л. В. Хлібопекарське виробництво: сучасні технології /Л. В. Коваленко, Ю. п. Мельник. — Харків : Видавництво ХНТУ, 2019. — 275 с.

13. Машины 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. – 159 с.
14. Машины і апарати харчових виробництв / С.Т. Антипов, І.Т. Крестов, А.Н. Остриков і ін. – М.: Вища шк., 2001. – 703 с.
15. 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. – 336 с.
16. 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.
17. Сиротюк С.В. Механізація переробки та зберігання продукції рослинництва. Курс лекцій. – Львів, 1999. – 249 с.
18. Шипулін, А. Г. Механізація та автоматизація процесів у харчовій промисловості / А.В. Г. Шипулін. — Москва : Машинобудування, 2016.- 289 с
19. Штернін, В. І. Фізико-хімічні основи процесів у хлібопекарському виробництві / В.В. І. Штернін, Н. В. Ковальова. — Львів : ЛНУ, 2019. — 215с.
20. Cauvain, SP, Young, LS. Technology of Breadmaking. 3-е вид. – Springer, 2015. – 622 с.
21. Cowen S.P., Young L.S. Bread Baking Technology. 3rd ed. – Springer, 2015. – 622 p.
22. Pyler, EJ, Gorton, LA Baking Science and Technology: Vol. I & II. – Sosland Publishing, 2009. – 1340 p.
23. Autio, K., Salmenkallio-Marttila, M. Bread and Dough Technology. – Elsevier, 2018. – 420 p.