

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого**  
**Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв**

**«До захисту в ЕК»**

Директор інституту(декан факультету)

\_\_\_\_\_ Блаженко С.І  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри МАХФВ

\_\_\_\_\_ Гавва О.М  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 133 «Галузеве Машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: «Дослідження впливу робочих органів на продуктивність тістомісильних машин безперервної дії»

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-5М

Тимчишин Андрій Любомирович

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Теличкун Юлія Станіславівна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_ (підпис)

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. Гулого

Кафедра Машини і апарати харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 133 «Галузеве Машинобудування»

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових виробництв  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач**

**кафедри \_\_\_\_\_**

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## З А В Д А Н Н Я

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Тимчишина Андрія Любомировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження впливу робочих органів на продуктивність тістомісильних машин безперервної дії»

керівник роботи Теличку Юлія Станіславівна доц. канд. тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05”11. 2020 року № 925 – кс

2. Строк подання здобувачем роботи 09. 02.2021 року

3. Вихідні дані до роботи Принцип дії безперервне перемішування тіста

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

ВСТУП, Теоретичні основи процесу замішування тіста та огляд існуючого обладнання; Опис експериментальної установки і методика проведення дослідження; Дослідження процесу замішування в тістомісильній машині безперервної дії; Впровадження результатів дослідження; Техніко-економічні розрахунки; Охорона праці; Висновки; Список використаної літератури; Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу

Відсутній

6. Консультанти розділів роботи

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



## АНОТАЦІЯ

В даній роботі досліджено вплив різних робочих органів на продуктивність тістомісильної машини безперервної дії.

За допомогою програмного пакету Flow Vision було проведено імітаційне моделювання камери для замішування та робочих органів різної конфігурації. Встановлено залежності між швидкістю обертання робочих органів та різних параметрів, а саме: швидкість, тиск, дисипація та в'язкість.

Запропоновано нові конфігурації робочих органів – кулачковий зі змінним кроком та комбінований робочий орган (шнек-кулачки). Які забезпечують оптимальний заміс на усіх стадіях процесу, рівномірність розподілення сировини і як результат хороший готовий виріб з рівномірно розподіленою дрібнозернистою структурою.

Розроблено нове технологічне обладнання для замісу тіста. Запропоновано інноваційну модель тістомісильної машини з комбінованими робочими органами.

Економічний розрахунок підтверджує доцільність впровадження тістомісильної машини безперервної дії. Розроблені заходи по охороні праці, які забезпечують безпечну роботу оператора тістомісильної машини безперервної дії.

Ключові слова: тісто, замішування, кулачки, моделювання.

## **SUMMARY**

In the framework of this work the influence of different working elements on the productivity of the continuous kneading machine is investigated.

With the help of the Flow Vision software package, simulation simulations of replacement cameras and working elements of different configurations were performed. The relationship between the speed of discussion of working elements and various parameters, namely: speed, pressure, dissipation and quality.

New configurations of working elements were offered - cam with changed steps and combined working body (auger-cams). Which offer optimal replacements at all stages of the process, uniform distribution of raw materials and as a result of a good ready-made solution with an evenly distributed fine-grained structure.

New technological equipment for dough replacement has been developed. An innovative model of a kneading machine with combined working elements is proposed.

Economic calculation confirms the feasibility of introducing a continuous kneading machine. Developed means of labor protection that ensure the safe operation of the operator of the continuous kneading machine.

Key words: dough, instead of, cams, modeling.

# **ЗМІСТ**

## **ВСТУП**

### **1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ.**

1.1. Теоретичні основи процесу замішування

1.2. Огляд конструкцій тістомісильних машин безперервної дії

1.2.1 Огляд сучасних конструкцій тістомісильних машин безперервної дії

1.3. Висновки, мета та завдання дослідження

### **2. ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ**

2.1. Опис експериментальної установки

2.2. Методика проведення дослідження

### **3. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАМІШУВАННЯ В ТІСТОМІСИЛЬНІЙ МАШИНИ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ**

### **4. ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ**

4.1. Введення тістомісильної машини безперервної дії у виробництво

4.2. Опис будови та робота тістомісильної машини

4.3. Розрахункова частина

### **5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ**

### **6. ОХОРОНА ПРАЦІ**

6.1. Організація проведення інструктажу з охорони праці

6.2. Обов'язки працівника на його робочому місці

6.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у роботі з тістомісильною машиною

## **ВИСНОВКИ**

## **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

## **ДОДАТКИ**

## ВСТУП

Хлібопекарська галузь є одною з провідних галузей харчової промисловості в Україні, її призначення безперерйне виробництво хліба, хлібобулочних та інших борошняних виробів в обсягах, що відповідають нормам державної продовольчої безпеки. В Україні щороку виробляється близько 1,8 млн. тонн хліба та хлібобулочних виробів, понад 70% від загального обсягу виробляють великі промислові підприємства, а решту приватні пекарні, міні пекарні, мережі торгівлі, великі супермаркети та інші виробники.

Виробники продуктів все більше уваги приділяють оптимізації технологічних процесів, зменшенню витрат енергії, автоматизації процесів, зменшення втручання людини в технологічний процес, розширенню асортименту продукції, інтенсифікації процесу виробництва.

Останнім часом стрімкого розвитку набуває вивчення процесів безперервного замішування харчових продуктів. Адже під час виробництва хліба багато часу та зусиль витрачається на завантажування та розвантажування компонентів для виготовлення тістової маси, що тягне за собою багато незручностей: використання додаткової робочої сили та обладнання, більші площі для перекатування діж та не потоковість виробництва.

Перспективним шляхом інтенсифікації технологічного процесу виробництва та збільшення продуктивності є використання тістомісильних машин безперервної дії. Однак в літературі, не встановлені раціональні режими проведення процесу замішування та вплив конфігурації різних робочих органів на продуктивність машини.

Метою досліджень є визначення режимних параметрів для оптимального замішування, визначення кращої конфігурації робочих органів та їх вплив на продуктивність тістомісильної машини безперервної дії.

# РОЗДІЛ 1

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСУ ЗАМІШУВАННЯ ТІСТА ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧОГО ОБЛАДНАННЯ.

### 1.1 Теоретичні основи процесу замішування

Хліб є одним із найбільш важливих стратегічних продуктів харчування, адже містить практично всі поживні речовини необхідні нам для нашої життєдіяльності, і вживається щодня. Хліб є соціальним продуктом. Він є доступним для усіх верств населення та є одним з найбільш вживаних продуктів, тому дуже важливо, щоб він був не лише смачним та привабливим на вигляд, але й корисним та якісним. Термін придатності хліба всього 36 годин, тому даний продукт виготовляють щодня, і стараються найшвидше доставити до покупця.

Процес виготовлення хлібних виробів досить складний, виробництво хлібобулочних виробів включає в себе виконання таких процесів і операцій.

1. Підготовка сировини до виробництва.
2. Замішування та бродіння опари і тіста.
3. Поділ тіста на шматки однакової маси, який виконується з допомогою тістоподільних машин.
4. Формування заготовок — надання шматкам тіста характерної форми. При формуванні тістовим заготовкам надають циліндричну, кулевидну або сигароподібну форму.
5. Вистоювання. Витримують тістові заготовки після формування в камерах вистою протягом 20 - 50 хв. і при температурі 30 - 34 °С, відносній вологості повітря 60 - 75 %.
6. Гіротермічна обробка і випікання. Різні вироби потребують дотримання різних режимів випікання, гіротермічної і теплової обробки.
7. Охолодження, вибраковування та зберігання виробів.

Процес замішування є важливим, адже забезпечує не тільки рівномірне змішування компонентів тіста, а і механічну обробку їх з метою відтворення специфічної структури, забезпечуючи оптимальні умови для зброджування тіста за допомогою дріжджів. В залежності від рецептури для замішування використовують машини різних типів, котрі по-різному діють на тісто. Значною мірою якість замісу впливає на якість готових виробів.

Використовують однакові місильні машини для замішування густих опар і тіста в промисловості, а для приготування рідких опар і дріжджів, поживних борошняних сумішей — спеціальні змішувачі.

Для отримання високоякісного тіста слід підтримувати оптимальну інтенсивність, тривалість і температуру процесу з раціональною частотою переміщення місильного органу.

Тістомісильні машини поділяють на машини періодичної і безперервної дії. Машини періодичної дії мають стаціонарні робочі камери (діжі) і змінні (підкатні діжі). Машини безперервної дії в свою чергу бувають з вільним і примусовим обертанням.

Тістомісильні машини розподіляють на три групи в залежності від інтенсивності дії робочого (місильного) органу:

- звичайні тихохідні, у яких заміс супроводжується без помітного нагріву, а питома робота замісу становить 5 - 12 Дж/г;
- швидкісні (машини з інтенсивним замісом), у яких заміс супроводжується нагрівом на 5 - 7 °С, а питома робота замішування становить 15 - 30 Дж/г;
- супершвидкісні, у котрих процес супроводжується значним нагрівом тіста на 10 - 20 °С і потребує застосування спеціальних охолоджуючих пристроїв; питома робота замісу становить 30 - 45 Дж/г.

Значення питомої роботи є орієнтовними і не мають строгого розподілу, тому що в одній і тій самій тістомісильній машині при різній тривалості замісу значення можуть змінюватись, що в кінцевому випадку залежить від якості борошна.

Розрізняють машини з горизонтальною, похилою та вертикальною осями, в залежності від розміщення осі місильної лопаті.

По переміщенню місильної лопаті розрізняють машини з круговим, обертовим, площинним, планетарним і просторовим рухом.

По способу дії робочого органу розрізняють тістомісильні машини механічної дії, ультразвукові, вібраційні, електровихрові та інші. В залежності від консистенції суміші, яку замішують виділяють машини для густих опар, квасів і тіста (вологість 30 - 53 %) та для рідких опар, поживних сумішей та заквасок (вологість 60 - 70 %).

За кількістю конструктивно виділених місильних камер, котрі забезпечують підтримання раціональних параметрів процесу на різних його стадіях, виділяють одно-, дво- і трикамерні тістомісильні машини.

В залежності від системи управління тістомісильні машини поділяють: з ручним, напівавтоматичним та автоматичним управлінням.

Виконується заміс тіста в робочій камері машини, протягом 1 - 20 хв, де відбуваються тонке перемішування компонентів, механічна обробка, що значно впливає на якість тіста і його структуру та на інтенсивність його бродіння і якість кінцевої продукції - готового хліба.

Замішування пшеничного тіста суттєво відрізняється від процесу замішування житнього і є більш складним. В пшеничному тісті утворюється пружно-еластичний клейковинний каркас, котрий визначає реологічні властивості тіста. Потрібно зазначити, що в процесі замішування і зброджування тіста вони змінюються в знічній мірі. Найбільш помітно впливає на якість пшеничного тіста його механічна обробка. Для житнього тіста характерні високі пластичність, в'язкість, не значні пружність та розтяжимість.

У пшеничному борошні знаходиться 7 - 26 % білкових речовин, котрі в основному і зумовлюють фізичні та хлібопекарські властивості тіста, а також гатунок готового хліба. В тісті крім води, борошна, солі ще знаходяться дріжджі,

жири, вітаміни, ферменти, котрі визначають протікання фізичних, мікробіологічних, колоїдних та ферментативних процесів.

Для полегшення аналізу закономірностей процесу замішування та виявлення поетапних раціональних параметрів його забезпечення О.Т.Лісовенко запропонував тристадійну модель (рис. 1.1.), яка базується також на сучасних розробках Х.Д.Чейшнера, Н.Квендта та інших [1].

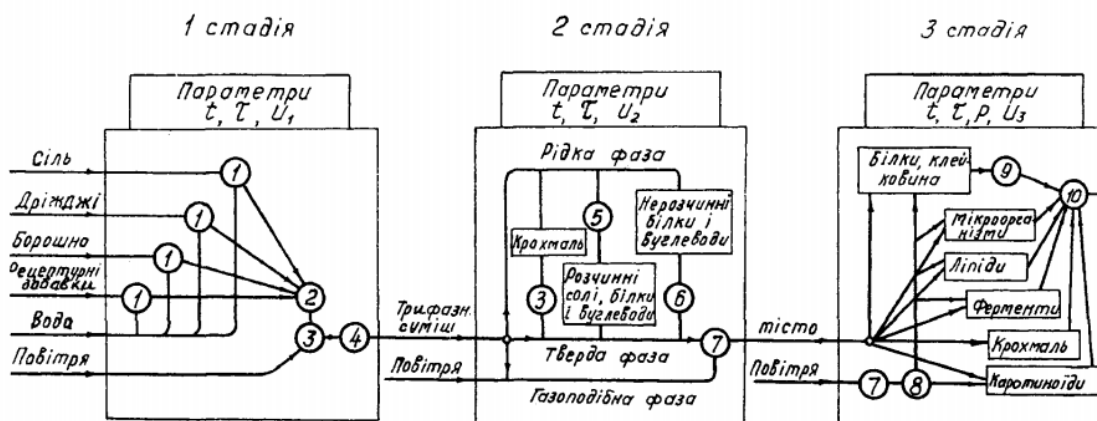


Рис. 1.1. - Тристадійна модель замішування тіста. Цифрами позначені процеси:

1 — зволоження; 2 — агрегація; 3 — сорбція; 4 — диспергування; 5 — розчинення; 6 — набрякання; 7 - оклюзія; 8 — окиснення; 9 — інтермолярні сполучення; 10 — структуротворення.

**Перша стадія** — механічне змішування та аерація компонентів, внаслідок чого досягається рівномірний розподіл компонентів суміші. Воно супроводиться зволоженням сухих компонентів, їх диспергуванням, агрегацією та сорбцією вологи. Ця стадія повинна проводитися якомога в коротший термін з мінімальними затратами енергії. При збільшенні тривалості першої стадії процес ускладнюється набуханням борошняних часточок і їх когезією, що затруднить подальше перемішування і рівномірний розподіл компонентів.

**Друга стадія** — власне заміс — характеризується вирівнюванням вологи різних компонентів, переходом в розчин розчинних частин борошна. При цьому підвищується напруження зрушення і як наслідок підвищуються витрати енергії на

привід тістомісильної машини. Значну частину вологи забирають на себе білкові речовини, у яких водопоглинаюча здатність становить близько 200 %. Водопоглинання крохмалю досягає 30 %, хоча швидкість водопоглинання останнього вища. На швидкість плинності другої стадії впливають властивості борошна, ступінь подрібнення крохмальних зерен, рецептурні домішки та температура тіста. Друга стадія замісу не потребує енергійної механічної обробки, а коли перша стадія — змішування — виконана якісно, то друга може проходити і в стані спокою без перемішування.

**Третя стадія** — пластикація — супроводжується структурними змінами крохмальних часток і створенням клейковинної решітки, котра охоплює крохмальні зерна. Спиралеобразні молекули поліпептидів розколюються і розрихлюють структуру білків, створюючи клейковинні плівки. Особливе значення мають бісульфідні зв'язки з більш високою енергією зв'язку. При цьому зростають міжмолекулярні сполучення і створюються молекули полімерів з молекулярною масою близько 100 000. Такі полімерні плівки створюють газоздержувальний та формоутримувальний скелет тіста. Третя стадія потребує посиленого механічного впливу, а не простого перемішування, оскільки створення клейковинних плівок (ламел) проходить разом з руйнуванням молекул клейковини. На останнє значно впливають активність деяких ферментів, а також вологість і температура тіста. На третій стадії проходить подрібнення пористої структури, що на наступних етапах приводить до створення дрібнопористої рівномірної будови м'якуша [1].

Інтенсивність дії її робочих органів та температури, тривалість окремих стадій процесу може змінюватись, процеси можуть переміщуватись і також збігатися це в залежності від конструкції машин.

В кінцевій стадії заміс повинен мати рівномірне перемішування всіх компонентів, забезпечивши потрібні властивості тіста і оптимальні умови задля пропікання на наступних стадіях технологічного процесу; бродіння, розподілу, випікання та вистойки.

## 1.2 Огляд конструкцій тістомісильних машин безперервної дії

Тістомісильні машини безперервної дії є відносно новими, а перші їхні зразки були впроваджені в промисловість 40 років тому. Через багатостадійний процес замісу тіста більшість машин мають декілька камер із застосуванням різних типів місильних органів. В одній тістомісильній машині можуть застосовуватися робочі органи, котрі відносяться до різних типів змішувачів. Практично всі машини мають місильні камери циліндричної форми або її елементи. На рисунку 1.2. зображені тістомісильні машини представлені чотирма рядами 1 – 4.

Розміщені одновальні горизонтальні машини за мірою зростання інтенсивності замісу.

1-а - тістомісильна машина, одновальна, однокамерна найпростішої конструкції, частота обертання  $0,8 \text{ c}^{-1}$  не забезпечує якісного замісу. Перші тістомісильні машини Х-12 створювали за такою схемою.

1-б - двокамерна тістомісильна машина з горизонтальним валом, на якому в першій камері розміщені трапецеїдальні плоскі лопаті, які встановлені з нахилом, в другій камері - гвинтовий шнек, котрий укладений в циліндричний корпус. У цій групі - тістомісильні машини системи А. М. Хренова і інші.

1-с - двокамерна тістомісильна машина з циліндричною робочою камерою і горизонтальним валом. На місильному валу спочатку розміщений змішувальний шнек, а потім місильна камера з радіально-циліндричними лопатями (ФТК-1000 (Угорщина).

1-д - тістомісильна машина двокамерна з циліндричною робочою камерою, обладнана гальмівними ребрами та горизонтальним валом. У змішувальній камері машини розташований шнек, а камера пластикації є відокремлена дисковою діафрагмою і обладнана чотирилопатеvim пластикатором. Фірма «Bread Maker» випускає тістомісильні машини за такою схемою.

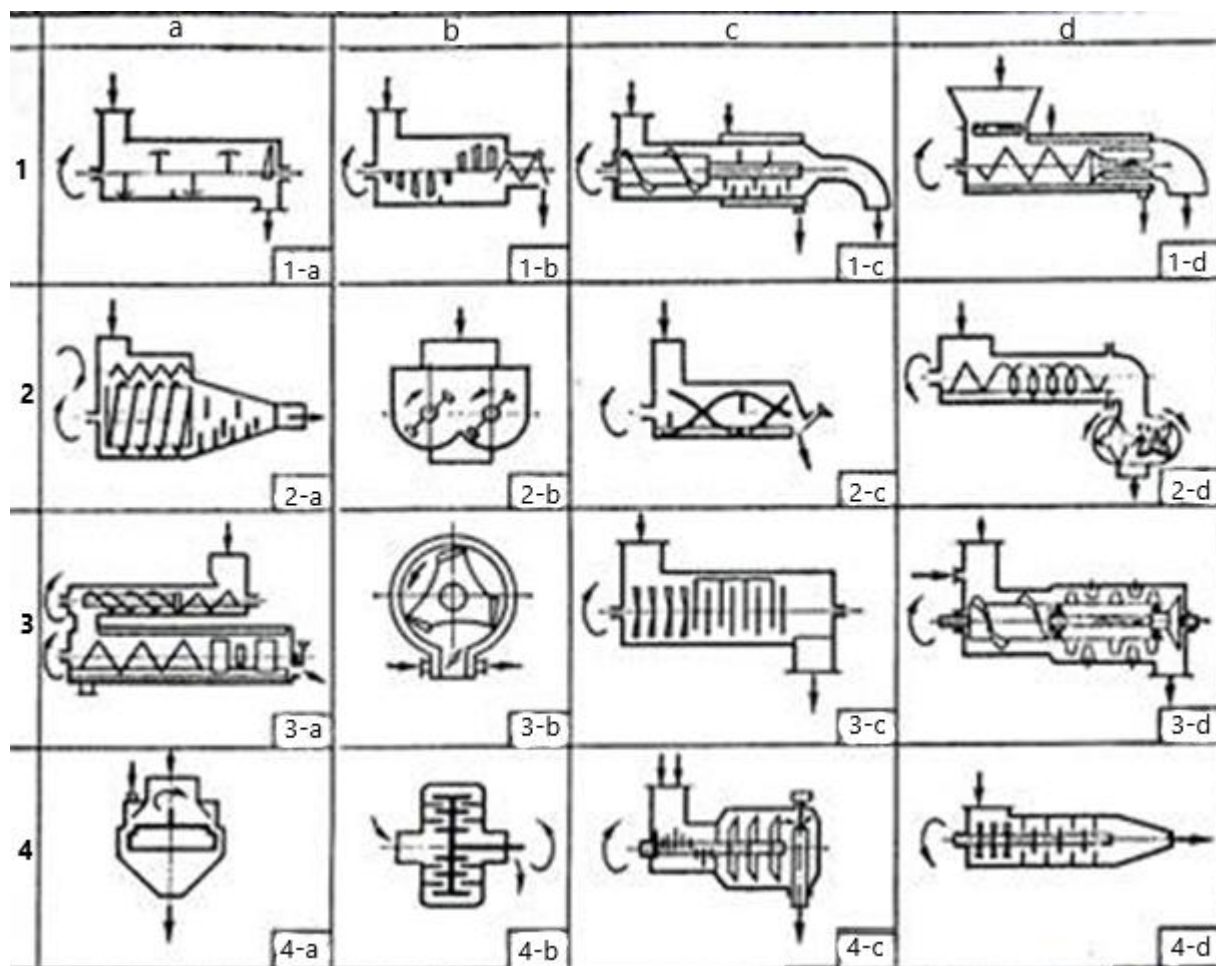


Рис. 1.2. - Функціональні схеми тістомісильних машин безперервної дії

У 2-му ряду показані схеми двохвальних тістомісильних машин з інтенсивнішим замісом: 2-b і 2-c - однокамерні, 2-a і 2-d - двокамерні.

2-a - двокамерна тістомісильна машина з горизонтальною віссю обертання, де в циліндричній камері змішування розміщений шнек з незалежним приводом. В машині забезпечується високоінтенсивний заміс і його незалежне регулювання; тістомісильна машина «KONTIPUA» (ФРН).

2-b - однокамерна тістомісильна машина з двома горизонтальними валами, на них закріплені Т-образні лопаті. Машина має багатошвидкісний привід, а її конструкція дозволяє підвищити інтенсивність замісу; тістомісильні машини марок Х-26 і І8-ХТА-12/1.

2-c – тістомісильна машина однокамерна з двома горизонтальними валами, які обертаються в різні боки з закріпленими на них стрічковими спіральними лопатями. Вихідний отвір забезпечено регульованою заслінкою, що дозволяє

змінювати заповненість місильної камери тістом та тривалість замісу; тістомісильні машини марок «Топос» (ЧССР) і інші.

2-d - двохвальная двокамерна тістомісильна машина, на її валах закріплені спіральні лопаті, що обслуговують зони змішування і замісу. Тістомісильні машини типу РЗ-ХТО були розроблені ВНІХПом. Вони забезпечують високоінтенсивну обробку тіста на кінцевій стадії.

У 3-му ряду схеми порівняно нових високоінтенсивних тістомісильних машин з різноманітними механізмами впливу на оброблювану масу.

3-a - двокамерна двохвальная тістомісильна машина з індивідуальним приводом для окремої змішувальної камери. Ця камера з незалежним регульованим приводом має дві зони замісу: забезпечену шнеками - місильну і зону пластикації, робочими органами, якої є кулаки, котрі інтенсивно проминають тісто. Тістомісильні машини такого типу випускає фірма «Werner & Pfleiderer» (ФРН).

3-b - тістомісильна машина з циліндричною робочою камерою і з трилопатеvim ротором. Дану конструкцію має тістомісильна машина системи Н. Ф. Прокопенко.

3-с - одновальна двокамерна дискова тістомісильна машина. У камеру змішувача встановлено горизонтальний вал, на ньому закріплені диски з вирізами і відігнутими краями задля створення осьового переміщення тіста. У камері замісу обертаються гладкі диски, а між ними прикріплені до корпусу гальмівні вставки.

3-d - одновальна двокамерна змішувальна машина з циліндричною робочою камерою. У першій камері на валу закріплений шнек, а в камері для інтенсивного замісу на валу з допомогою еластичних втулок закріплений барабан з лопатями з можливістю осьового коливання. Встановлені похилі лопаті на внутрішній поверхні робочої камери, під час роботи внутрішній барабан коливається на еластичних втулках, вібрація інтенсифікує заміс, а також сприяє поліпшенню якості готових виробів.

У 4-му ряду показані схеми високоінтенсивних змішувачів, які призначені для замісу рідких опар, заквасок та інших сумішей вологістю понад 60%. Дані змішувачі застосовуються для приготування сумішей в рідкому середовищі.

4-а – змішувач в циліндричній камері, якого обертається вертикальний циліндричний ротор. Замість власне здійснюється в тонкому шарі між двома циліндричними стінками. До даного типу належить тістоzmішувач ВПХП РЗ-Х/1.

4-б - змішувач з дисковим ротором з кільцевими виступами. У щілини між ними входять кільцеві виступи корпусу машини з невеликим проміжком, утворюючи своєрідне лабіринтове ущільнення, де і відбувається сумішоутворення при високих швидкостях та інтенсивному механічному впливі на тісто, що виникає за рахунок тертя суміші об розвинену поверхню ротора. Випускає їх фірма «Oakes» в Англії. Вони знайшли своє широке користування в західних державах в різних галузях промисловості.

4-с - двокамерний змішувач тарільчастий, являє собою дві циліндричні камери з консольним валом, на валу в першій камері закріплені тонкі штифти, в другий - тарілки.

4-d – змішувач представляє собою циліндричну ємність, яка закінчується конічним патрубком, всередині розташований вал з набором фігурних дисків і штифтів, які закріплені під кутом 120 °. Через патрубок вивантажується готова суміш. На внутрішній поверхні ємності розміщені три ряди гальмівних штифтів. Такі змішувачі (гомогенізатори) встановлюють на агрегатах ФТК-1000 (Угорщина). Інтенсивність та тривалість змішування не регулюються [1].

### **1.2.1 Огляд сучасних конструкцій тістомісильних машин безперервної дії**

Компанія Werner & Pfleiderer пропонує систему безперервного перемішування **ZPM**.

Система безперервного перемішування ZPM складається з декількох елементів:

- Основна рама, опора приводу та висувна рама з нівелюючими ніжками для кріплення на підлозі.
- Привід з приводним мотором та гнучким зчепленням
- Передача коробки передач (подвійний привід) на двох змішувальних валах із змішувальним інструментом

- Змішувальна камера з регульованою температурою подвійною сорочкою, інгредієнтами з подачею інгредієнтів та регульованим отвором
- Змішувальна камера як опора для змішувальних валів.

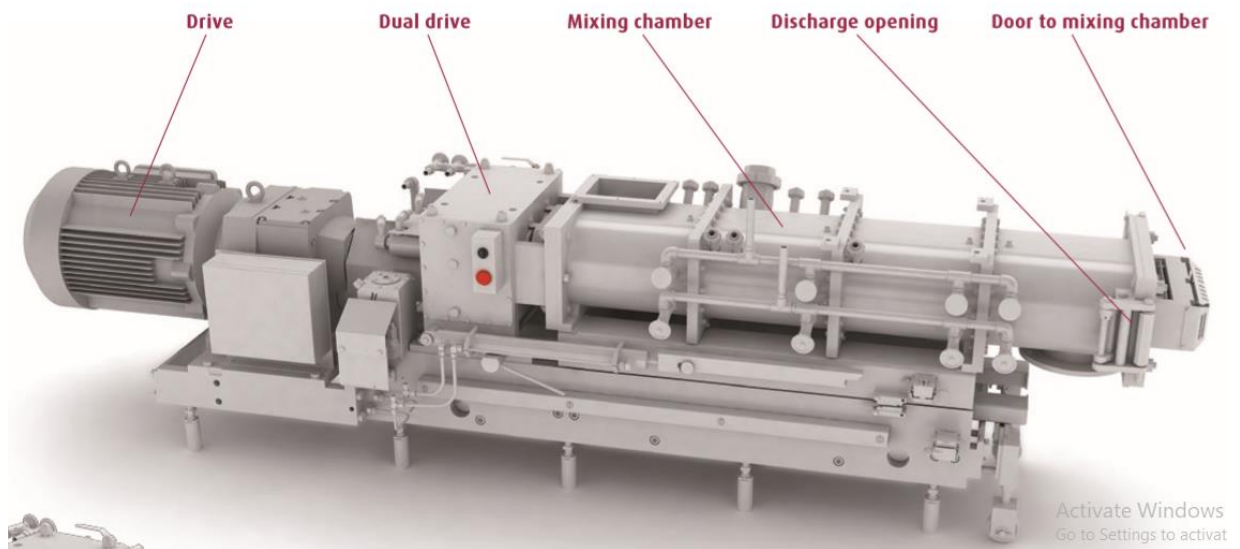


Рис. 1.3. - Зовнішній вигляд змішувача ZPM компанії Werner & Pfleiderer

### Принцип змішування ZPM

Елементи гвинта в змішувальній камері ZPM інтенсивно перемішують і замішують інгредієнти тиском та зсувом залежно від відповідного типу тіста.

Розташування змішувальних елементів, таких як шнекові елементи та змішувальні диски, а також нескінченно регульоване значення швидкості обертання визначають час утримання тіста в змішувачі. Змішувальна камера з подвійною сорочкою та порожнисті литі інструменти для змішування дозволяють регулювати температуру. Температуру тіста вимірюють у потоці продукту безпосередньо перед вивантаженням і показують у шафі управління.

У разі дуже інтенсивного перемішування або різної температури сировини, можна увімкнути блок регулювання температури з холодною або теплою водою (на вибір). Готове однорідне змішане тісто виходить із змішувальної камери через регульований випускний отвір у вигляді рівномірної мотузки або пасма (рис 1.4.).

Потім він транспортується за допомогою конвеєра до обладнання для подальшої обробки. Для очищення змішувальну камеру можна витягнути, забезпечуючи вільний доступ для легшого очищення. Функції очищення SIP додатково доступні. Запобіжник запобігає запуску гвинтового вала до тих пір, поки змішувальна камера та дверцята змішувальної камери повністю не закриті.

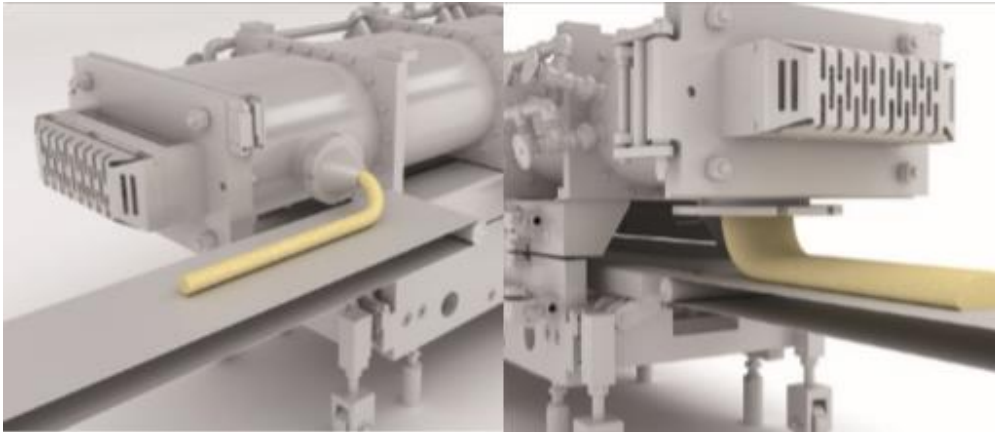


Рис. 1.4. - Вивантаження готового тіста зі змішувача.

Система змішування ZPM придатна для виробництва:

- пшеничний хліб;
- житній хліб;
- змішаний пшеничний або житній хліб;
- панірований хліб;
- багет.

### **Система Verumix**

Тістомісильне обладнання Verumix (рис. 1.5.) - це перша тістомісильне обладнання, спеціально розроблене для виробництва м'якішевого хліба, здобних булок і м'якої продукції. Щільність, розмір і однорідність клітин дозволяють приготувати тісто неперевершеною м'якості. Крім того, міцність і еластичність стінок між осередками збільшують термін служби продуктів. Головною розробкою компанії VMI є тістомісильна система Verumix, що відрізняється чудовими технологіями замісу і гарантує стабільну якість тісту.



Рис. 1.5. – Зовнішній вигляд змішувача Verymix

Оснащена дозуючими пристроями безперервної дії, пристроєм попереднього замісу інгредієнтів, роторним місильний інструментом, конфігурація якого підбирається під кожен тип тіста, система безперервного приготування тіста забезпечує продуктивність, якість і консистенцію виробленого тіста.

Формулювання рецептів, порядок дозування інгредієнтів, планування і відстеження основних параметрів виробництва, моніторинг якості вхідної сировини - все це робиться за допомогою сенсорного екрану на панелі управління. Система Verymix дозволяє контролювати відтворюваність вашої продукції, гарантує рівномірний заміс сирого тесту, який пройшов теплову обробку і був швидко заморожений: тісто для багета, чабати, піци, віденські булочки, листкове і первинне тісто.

Система безперервного перемішування VERYMIX дозволяє професіоналам пекарської промисловості освоювати основи замішування і гарантує стабільну якість у великих масштабах (до 18000 фунтів / 8000 кг на годину) для широкого спектру продуктів: традиційний хліб із закваскою або без, бутербродний хліб, булочки, віденська випічка, листкове тісто.

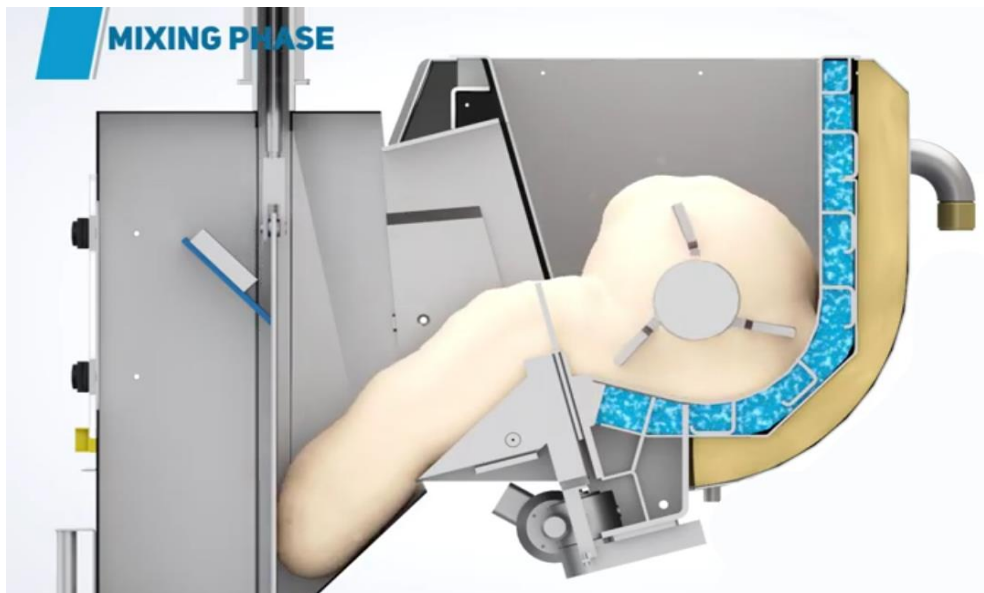


Рис. 1.6. – Робоча камера машини з охолоджувальною сорочкою

Регулювання температури за допомогою циркуляції гліколю в подвійній сорочці чаші і енергія є дуже важливими (Рис. 1.6.). Дві фази перемішування - попереднє змішування та замішування - забезпечуються наявністю НРМ, попереднього змішувача з інноваційними та запатентованими інструментами, що дозволяє гідратацію суміші та її гомогенізацію в дуже швидкий час. Для обмеження матеріальних втрат VMI пропонує можливість відновлення брухту з нижньої лінії, зважування, попереднє перемішування та подачу до чаші змішування. Керована останньою автоматизацією інгредієнтів Shick Esteve, точність дозування також є перевагою для підвищення продуктивності за допомогою системи VERYMIX.

### **Система Sobatech**

Автоматизована система замішування тіста Sobatech (Рис. 1.7.) використовує 2-фазний процес перемішування / замішування інгредієнтів у стійку і однорідну масу. Як тільки всі інгредієнти рівномірно та точно розподіляються по всій масі (фаза 1), відбувається розробка (фаза 2). Це робиться контрольованим і надзвичайно точним способом під час перемішування / замішування. Обсяги виробництва коливаються від 50 кг/год до понад 10 000 кг/год. Це може бути досягнуто у вільному операційному середовищі, що призведе до значної економії (робочої сили).

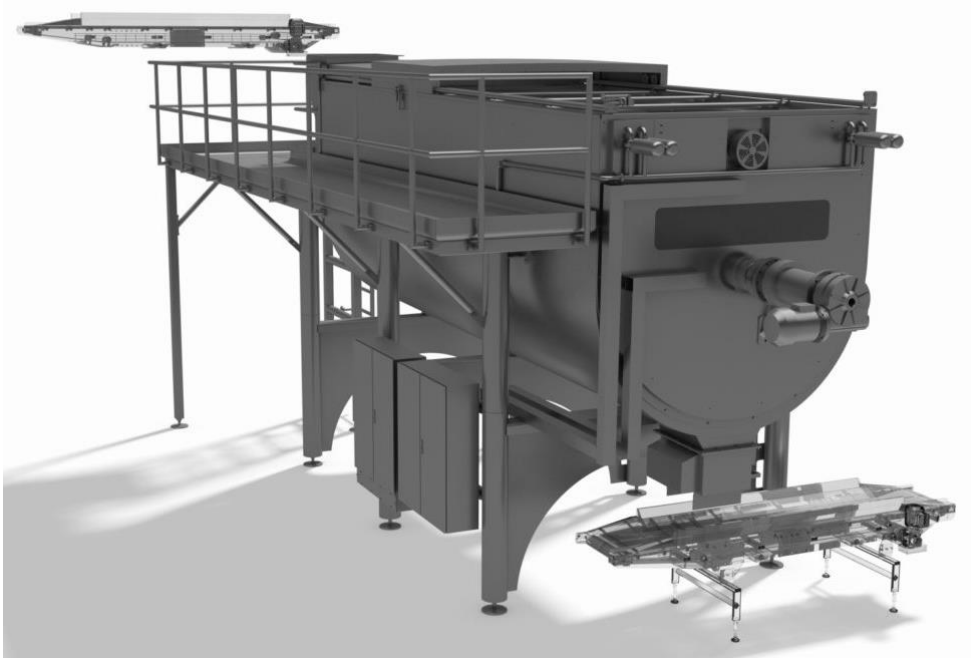


Рис. 1.7. – Зовнішній вигляд машини Sobatech

Фаза 1: гомогенізатор Sobatech фаза 1 (гомогенізатор), і фаза 2 (міксер або місилка) засновані на принципі « ввійшло/вийшло». Фаза гомогенізатора гарантує високий рівень поглинання води і, отже, більше вологи в кінцевому продукті. У цій фазі інгредієнти не змішуються механічно, що призводить до 100% однорідного та послідовного потоку маси. Відмінні характеристики змішування цієї першої стадії забезпечують за допомогою системи вприскування води середнього тиску ідеальну гідратацію борошна та дуже істотний та однорідний розподіл діючих речовин.

Фаза 2: Інноваційні інструменти безперервного змішувача у фазі 2 відповідають за регульований витрати маси по всій машині. Поєднання відносно невеликої кількості маси в корпусі змішувача з відносно великим об'ємом інструментарію призводить до надзвичайно високої енергоефективності: значна частина енергії, виробленої інструментами, вкладається в масу.

Інструменти безперервного перемішування обережно та ефективно обробляють сировину. Чутливі інгредієнти, такі як фрукти, пластівці або подібні елементи, можна вводити без деградації.

Отже, безперервний змішувач може працювати з найрізноманітнішими видами застосування, такими як дрібні тверді речовини, крупи, маси безе, мюслі тощо, так що він забезпечує майже всі свіжі або тривалі хлібобулочні вироби.

Автоматизований міксер для тіста Sobatech - це закрита система. Це означає, що немає забруднення зовні машини, що полегшує роботу з правилами АТЕХ. Очищення машинної зони також набагато простіше, оскільки в зоні машини менше пилу. Приготування багатьох продуктів вимагає часу відпочинку для розвитку смаку, консистенції, аромату тощо. Час є ключовим фактором у цьому безперервному процесі бродіння. Окрім того, велике значення для якості та консистенції кінцевого продукту має також забезпечення того, що кожна частина маси впливає на однакові умови навколишнього середовища.

На виході з безперервного змішувача є вертикальний ремінь для подачі тіста в трубку. Час бродіння можна контролювати, регулюючи швидкість гвинта в цій трубці. Встановлений показник швидкості включений у заключний рецепт. На виході з трубочки є дільник, який виймає тісто. Трубка має подвійну сорочку для стабілізації температури тіста. Також можливо контролювати вологість у трубці.

Поєднання часу з рівним та контрольованим впливом правильних умов бродіння є життєво важливими особливостями безперервного ферментера Собатеха. Програмне забезпечення управління системою Sobatech дозволяє легко контролювати та змінювати температуру, вологість і швидкість безперервного охолодження.

### **1.3 Висновки, мета та завдання дослідження**

Харчування є найважливішим чинником, що впливає на стан здоров'я людини, зв'язує його з навколишнім середовищем і надає здатності організму протистояти його шкідливим діям. Виробництво продуктів, які характеризуються підвищеною харчовою цінністю і високими споживчими властивостями, є актуальним питанням для усіх країн всього світу.

В Україні, як і у багатьох народів інших країн світу, хліб є основним продуктом харчування, який вживається людиною кожного дня. Він становить значну частину харчового раціону і є одним з основних джерел вуглеводів і рослинних білків. Хлібобулочні вироби забезпечують потреби людини у вуглеводах на 40-45%, білках – на 30-35%, жирах – на 8-12% [23].

Корисність хліба пояснюється великою засвоюваністю організмом людини поживних речовин хлібобулочних виробів (білки засвоюються на 70-90%, вуглеводи – на 94-98%, жири – на 92-95%). Хліб відіграє важливу роль у правильному перетравлюванні їжі в організмі людини. З хлібом до організму людини потрапляють важливі мінеральні речовини. Хлібобулочні вироби відіграють важливу роль в енергетичному балансі людини, забезпечуючи на 30-35% його потреби в енергії. Енергетична цінність житнього хліба становить 180-220, пшеничного – 230-250 ккал/100 г [23].

Отже з давніх часів хліб був і є одним із основних продуктів харчування. Змінюються рецепти, способи приготування, але якість завжди має залишатися на хорошому рівні. А як описано раніше, процес замішування є дуже важливим, адже забезпечує рівномірне змішування компонентів тіста, а також механічну обробку їх з метою відтворення специфічної структури, забезпечуючи оптимальні умови для зброджування тіста за допомогою дріжджів.

Використовують машини періодичної та безперервної дії. В машинах періодичної дії є свої недоліки, найголовніші з них:

- ручна праця по перекатуванню діж;
- відносна складність планетарного редуктора для приводу місильного органу;

Тістомісильні машини безперервної дії в свою ж чергу мають ряд переваг:

- вища продуктивність;
- компактність та висока надійність в роботі;

- стабільна якість тіста при інтенсивному замішуванні;
- зручність розбирання та очищення робочих органів;
- низькі питомі витрати енергії.

Проаналізувавши всі існуючі способи замішування тіста, можна зробити висновки, що всі вони мають свої переваги та недоліки. Проте зрозуміло, що для вищої надійності і більшої продуктивності кращим буде обладнання для безперервного замішування тіста. Погано досліджено лише вплив різних робочих органів на його продуктивність.

Актуальність теми зумовлена необхідністю збільшення продуктивності в процесі замішування тіста, вибір оптимальних робочих органів для кращої продуктивності та його якості.

Метою дипломної роботи є дослідження впливу робочих органів на продуктивність тістомісильних машин безперервної дії. Визначення кращих показників рівномірності розподілення сировини та якості замісу.

## РОЗДІЛ 2

### ОПИС ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1 Опис експериментальної установки

Об'єктом дослідження є пшеничне тісто і те, як на нього впливають різні робочі органи тістомісильних машин безперервної дії, для створення ефективного змішувально-бродильноформуального агрегату.

Дослідження проводили з використанням кулачкових (рис. 2.1.), шнекових (рис. 2.2.), пальцевих робочих органів (рис.2.3.) та впливу їх замішування на якість напівфабрикату і готового виробу в цілому.

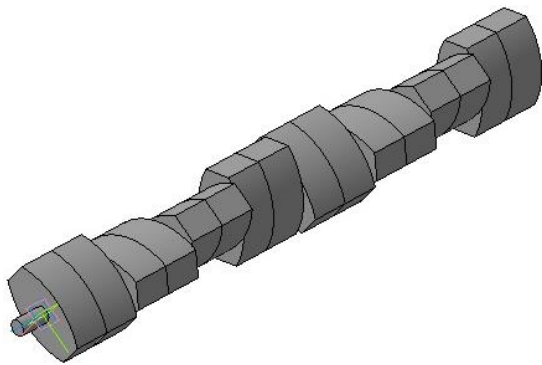


Рис. 2.1. Кулачковий робочий орган

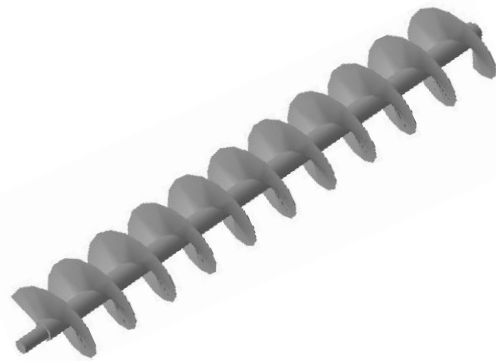


Рис. 2.2. Шнековий робочий орган

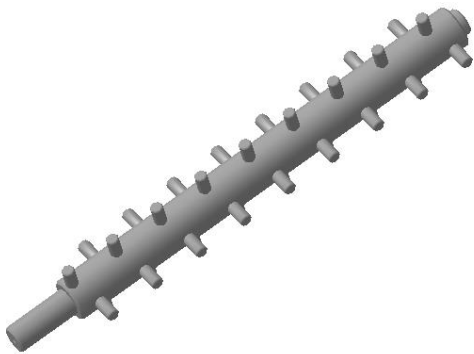


Рис. 2.3. Пальцевий робочий орган

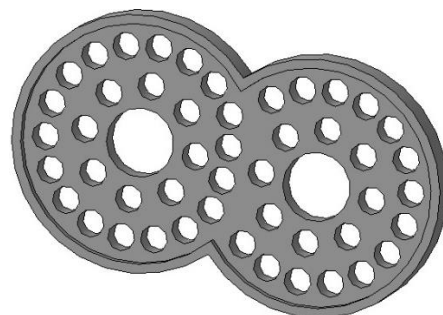


Рис. 2.4. Стабілізуюча решітка.

В робочих органах змінювався крок та регулювали площину живого перерізу решітки (рис. 2.4.) на виході дріжджового тіста після замішування. В діапазоні 18–

36–54 мм змінювали крок робочих органів, площину живого перерізу змінювали в межах 2,5%– 5,1%–7,6% від загальної площі решітки на виході тіста.

Регулювання продуктивності в дослідній установці виконувалось стабілізуючою решіткою (рис.2.4.). В ній, перекривали отвори та змінювали час замішування дріжджового тіста, таким чином змінювалась продуктивність. Під час замішування тіста, визначали необхідні на заміс витрати енергії, вологість, час, температуру та структуру тіста. У готовому виробі визначали пористість та досліджували структуру виробу.

Експериментальна установка проста в своїй будові та експлуатації, легко розбирається і складається під час заміни робочих органів. На виході є решітка, якою можна регулювати продуктивність.

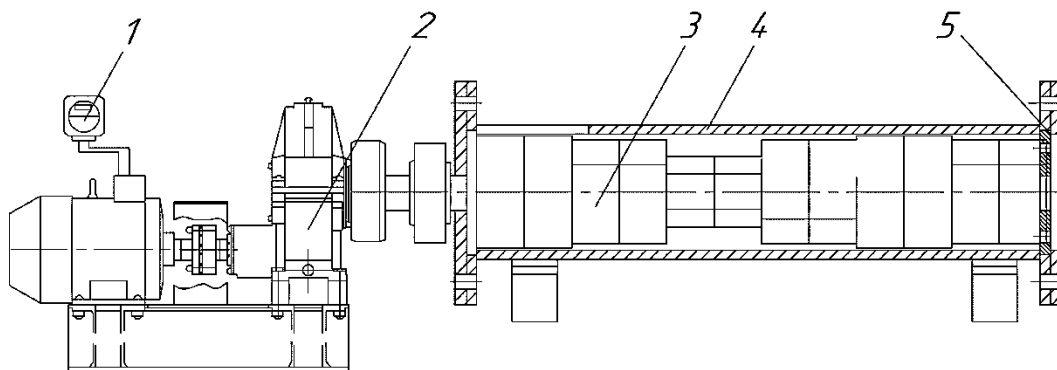


Рис. 2.5. Схема експериментальної установки:

1 – прилад для вимірювання електричної потужності; 2 – привід; 3 – робочі органи; 4 – корпус; 5 – стабілізуюча решітка.

Експериментальна установка працює наступним чином, сировина потрапляє у приймальний бункер, після чого з допомогою робочих органів та їхнього впливу, відбувається процес замішування, після цього через стабілізуючу решітку тісто виходить.

Потужність, яка витрачається на замішування, визначали окремо для усіх робочих органів (шнекових, пальцевих, кулачкових) за допомогою приладу для вимірювання електричної потужності (ватметра), який підключено до двигуна тістомісильної машини за відповідною схемою.

Питому роботу  $A_{\text{пит}}$ , Дж/г обчислювали за формулою:

$$A_{\text{пит}} = \frac{(N_{\text{заг}} - N_{\text{хх}}) \cdot \tau}{Q}, \quad (2.1)$$

де  $N_{\text{заг}}$  – потужність, що споживається двигуном в робочому стані, Вт;

$N_{\text{хх}}$  – потужність холостого ходу відповідного робочого органу, Вт;

$\tau$  – тривалість замішування тіста (час проходження тіста через робочу камеру в безперервному режимі);

$Q$  – кількість тіста в грамах, що обробляється тістомісильною машиною впродовж  $\tau$ , с.

Дана установка дозволяє дослідити процес замішування пшеничного дріжджового тіста та зміну реологічних властивостей, зробити порівняльний аналіз різних конструкцій робочих органів і на основі проведених досліджень розробити ефективні робочі органи для замішування дріжджового тіста.

## 2.2. Методика проведення дослідження

Перед початком роботи проводилась підготовка сировини, монтаж установки та перевірка усіх приладів. Попередньо перемішували рецептурні компоненти протягом 10 с. Завантажували дані компоненти в приймальний бункер робочої камери, де відбувалося замішування дріжджового тіста. Отриманих дані записувались. Після цього вимірювали масу та вологість дріжджового тіста. Визнали структурно-механічні властивості отриманого тіста і згодом також визначали пористість готового виробу.

Після проведених досліджень на основі отриманих даних, будуємо графічні залежності замішування дріжджового тіста.

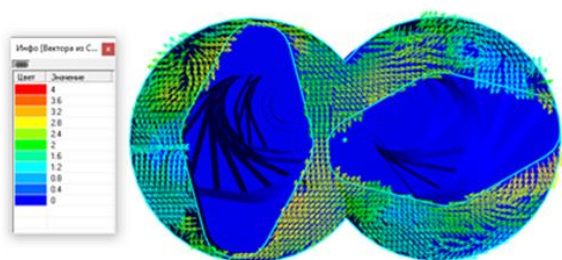
### РОЗДІЛ 3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗАМІШУВАННЯ В ТІСТОМІСИЛЬНІЙ МАШИНІ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

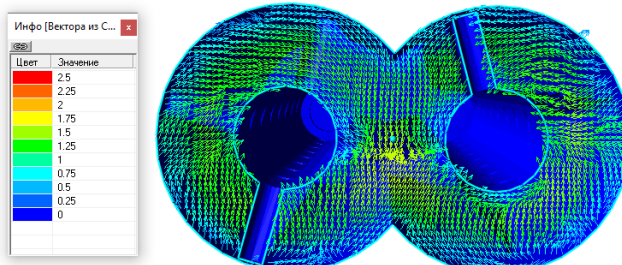
Було проведено імітаційне моделювання процесу замішування дріжджового тіста, виконувалось за допомогою програмного забезпечення Flow Vision. Під час проектування процесу замішування тіста передбачається обрати коло питань, що стосуються типу робочих елементів. На основі теоретичні пошуки та отримані експериментальні результати, після порівняльного аналізу роботи елементів, було вирішено імітувати процес замішування дріжджового пшеничного тіста за допомогою кулачкової обробки елементи

### Швидкість плинуну маси тіста по камері тістомісильної машини

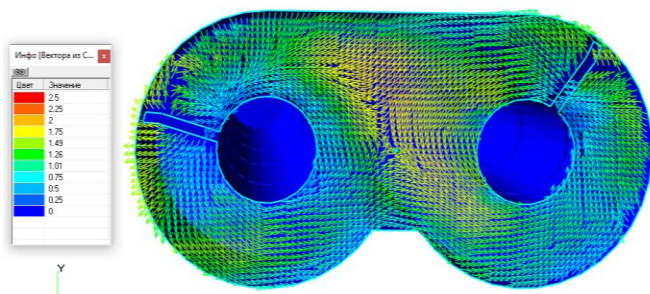
Під час замішування тіста робочими органами виникає транспортуючий фактор, що базується на швидкості. На (рис 3.1.) наведені вектори швидкості при замішуванні різними робочими органами.



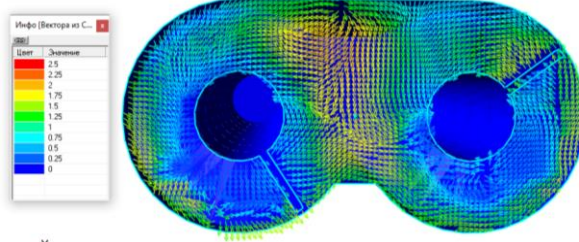
*a*



*б*



*в*



*г*

Рис. 3.1. – Вектори швидкості в камері тістомісильної машини

*a* – при замішуванні кулачковими робочими органами; *б* – при замішуванні пальцевими робочими органами; *в* – при замішуванні шнеком з 5 витками; *г* - при замішуванні шнеком з 8 витками

З графіка швидкості руху тіста (рис. 3.2.) в камері можна побачити, що є позитивна динаміка при роботі кулачковими робочими органами.

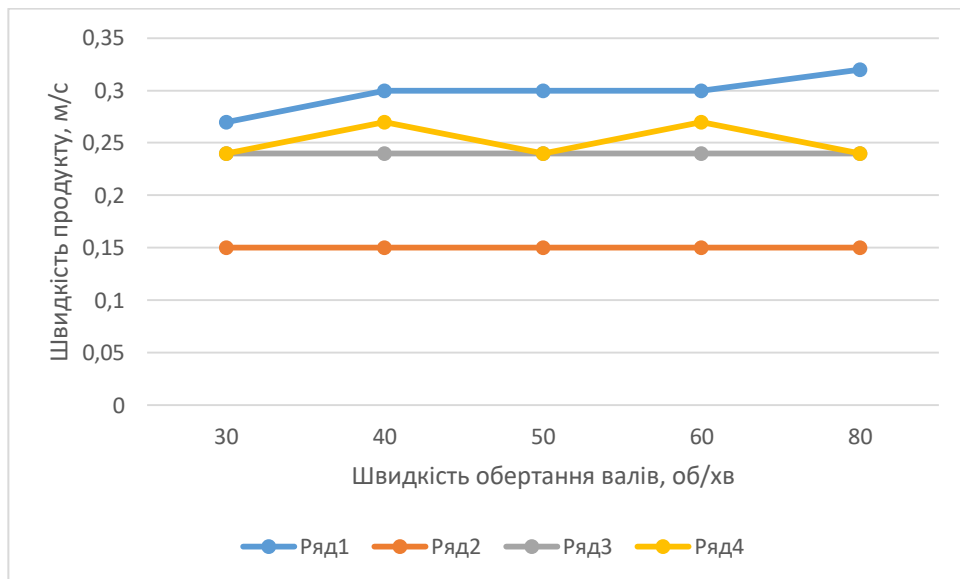


Рис 3.2. – Графік швидкості руху в камері

Ряд 1 – кулачковий робочий орган; ряд 2 – пальцевий робочий орган;

ряд 3 – шнековий робочий орган з 5 витками; ряд 4 – шнековий робочий орган з 8 витками.

Ми також провели дослідження щодо впливу відстані між кулачками та швидкості обертання робочого елемента на процес замішування дріжджового тіста. Відстані між кулачками робочого елемента були змінені з 2 мм на 10 мм (2-4-6-8-10 мм), швидкість обертання становила змінюється в діапазоні від 20 об / хв до 100 об / хв (20-40-60-80-100 об / хв).

На основі результатів, після параметричного моделювання процесу замішування робочим кулачком елементів, лінійна залежність швидкості руху тіста в робочій камері була отримана(рис. 3.3.). Досліджено, що зі збільшенням швидкості обертання робочого елемента швидкість рух тіста в змішувальній

камері збільшується за цих умов перемішування обробка відстані між робочими елементами кулачка не впливає на швидкість перемішування.

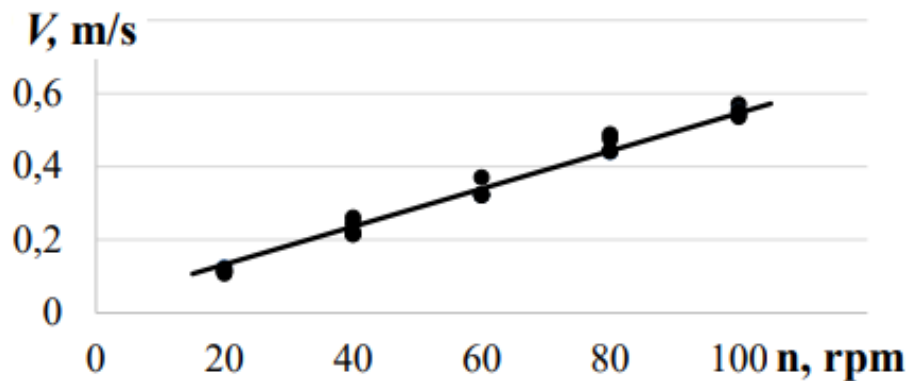


Рис 3.3. - Варіація швидкості перемішування залежно від відстані між кулачками та швидкості обертання робочого елемента.

### Тиск в робочій камері тістомісильної машини

Проаналізовано дані моделювання зміни тиску в змішувальній камері, які дозволило отримати залежність тиску від швидкості обертання заготовки елемента та різну відстань між кулачками (рис. 3.4.). Було встановлено, що зі збільшенням швидкості обертання робочого елемента тиск в змішувальній камері збільшується. Максимальні значення тиску складають 16560 Па на відстані між кулачком робочого елемента 2 мм і швидкість обертання 100 об / хв, мінімум 555 Па на відстані між робочими елементами кулачка 10 мм і частотою обертання. Зміна тиску [ $P = \text{Па}$ ] в змішувальній камері залежно від відстані між ними кулачки і швидкість обертання робочого елемента має потужний характер.

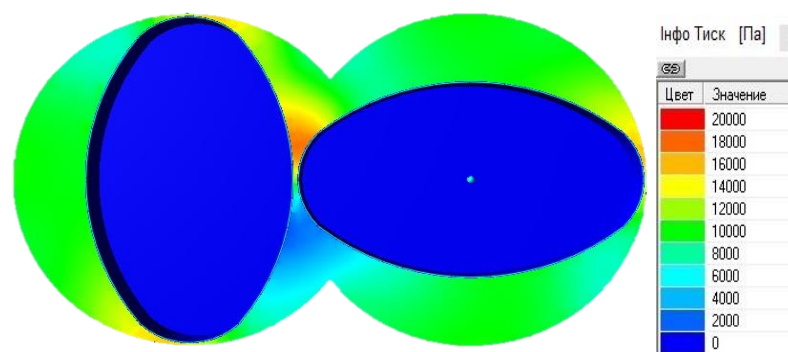


Рис. 3.4 - Візуалізація тиску в камері замішування під час імітаційного параметричного моделювання кулачкових робочих органів

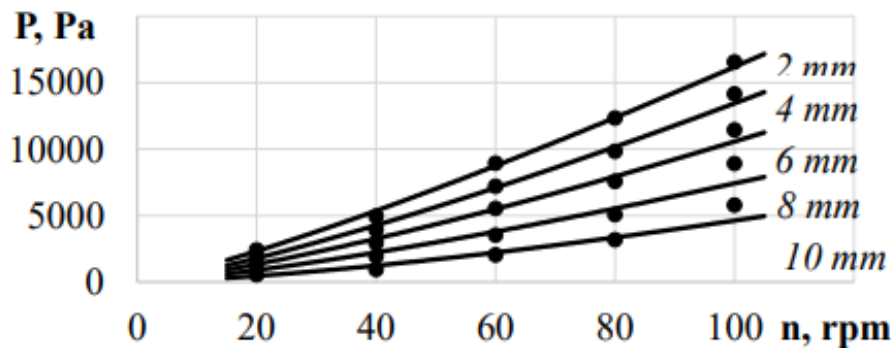


Рис 3.5. - Зміна тиску в змішувальній камері залежно від відстані між ними кулачки і швидкість обертання робочого елемента.

### Зміни в'язкості в камері замішування

На основі отриманих результатів складено графік зміни в'язкості в камері змішування конструюється в залежності від відстані між кулачками і швидкості обертання робочої елемент (рис. 3.6). Вважаються частини місильної камери, які досягають найнижчої в'язкості найбільш ефективний під час змішування. Збільшення швидкості обертання робочого елемента призводить до збільшення швидкості руху тіста в робочій камері, що в свою чергу призводить до а зменшення в'язкості тіста та зменшення енергетичних витрат у процесі замішування.

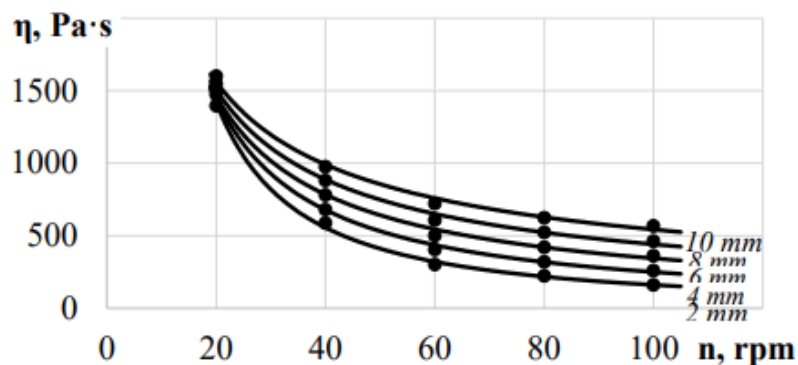


Рис 3.6. - Зміна в'язкості в камері замішування залежно від відстані між ними кулачки і швидкість обертання робочого елемента.

### Розподіл дисипації

Дисипацією є процес перетворення кінетичної енергії в теплову в наслідок тертя шарів маси між собою. Тертя в середині маси виникає в наслідок завихрень при роботі робочих органів і несе за собою втрату енергії.

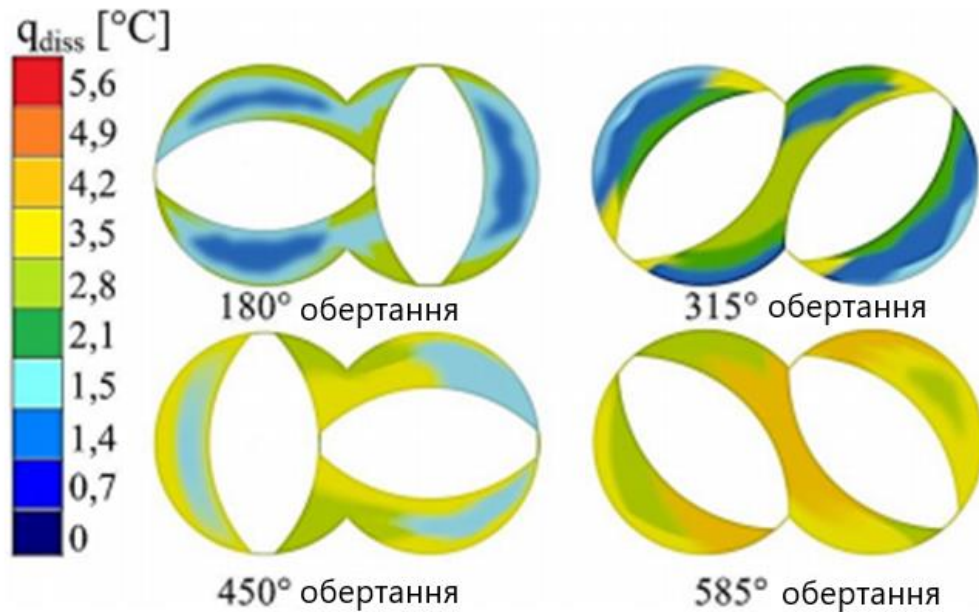


Рис 3.7. - Розподіл дисипації [ $q_{diss}$ , °C] в камері в процесі змішування дріжджів тісто за допомогою робочих елементів кулачка

Дріжджове тісто змішують у 12 парах кулачків, які зміщуються під кутом  $45^{\circ}$ , для процесу дисипації було вирішено розглянути процес замішування на прикладі 3-6-9-12 пара кулачків, оскільки на початку змішування були помітні зміни в розсіюванні. За допомогою моделювання розподіл дисипації в мікроскопі був розглядається в процесі змішування дріжджового тіста з кулачковими робочими елементами (рис. 3.7.). Розподіл дисипації чітко показує, в яких частинах робочої камери знаходиться утворення тепла в зоні потоку. В області замішування 3 пари кулачків (обертання на  $180^{\circ}$ ), немає значного тепловиділення, то під час перемішування внаслідок внутрішнього тертя дріжджів тіста з робочими елементами і корпусом відбувається збільшення конверсії. Кінетична енергія потоку в тепло і температура дріжджового тіста зростає. На місці штампування 12 пар кулачків температура дріжджового тіста збільшується майже на  $5^{\circ}C$ , таким чином, перед початком моделювання початкову температуру було встановлено значення  $t = 30^{\circ}C$ , тоді в кінці перемішування ця температура в дріжджовому тісті досягає майже  $35^{\circ}C$ . Найбільша кількість тепла спостерігається у сфері зачіпання кулачків з робочою камерою. Таким чином, дозволена імітаційна параметрична модель процесу змішування дріжджового тіста детально вивчає процеси, що відбуваються в камері змішування тіста залежність схеми потоку від конструкції

та конфігурації робочих елементів кулачка і частота обертання. Модельована параметрична модель процесу перемішування кулачковими робочими елементами, що дозволяє ефективно проводити розрахункові розрахунки при виборі раціональної конструкції і технологічних параметрів, розроблено[3].

### **Висновки**

Розподіл дисипації в місильній камері та зміна температури під час досліджували процес замішування. При швидкості обертання робочого елемента 60 об/хв температура дріжджового тіста піднімається до 5 ° С, що прийнятно під час замішування тіста. Досліджували швидкість перемішування, в'язкість тіста та тиск у камері змішування. Зі збільшення швидкості обертання робочого елемента, швидкості перемішування тіста в камері збільшується. Збільшення швидкості обертання з 20 об/хв до 100 об/хв збільшує тиск в місильній камері і зменшує в'язкість дріжджового тіста.

На основі отриманих даних запропоновано використовувати кулачкові робочі органи зі змінним кроком (рис 3.8. а) або комбіновані робочі органи (шнек – кулачки) (рис 3.8. б), що позитивно вплине на якість замісу на усіх трьох його стадіях та отримати кращу якість готового тіста.

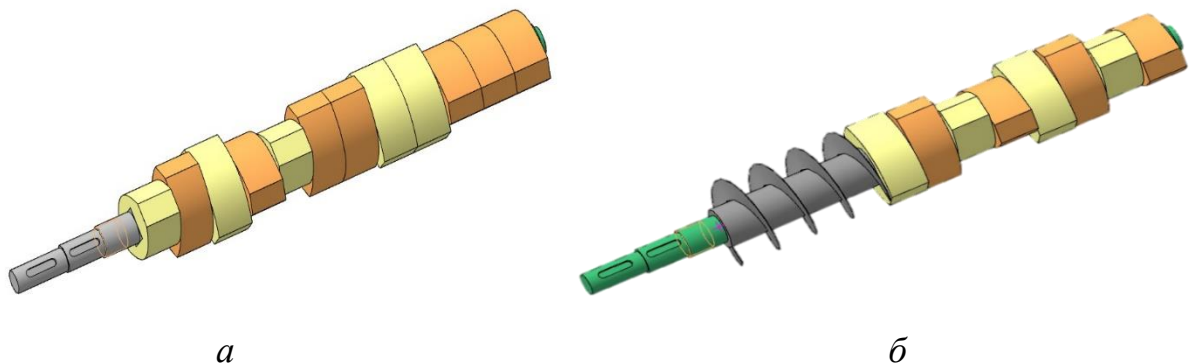


Рис 3.8. – запропоновані робочі органи: *а* – кулачковий зі змінним кроком; *б* – комбінований робочий орган ( шнек – кулачки).

## РОЗДІЛ 4

### ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 4.1 Введення тістомісильної машини безперервної дії у виробництво

На даний час у виробництві хлібопекарської продукції із пшеничного борошна, виробники намагаються використовувати прискорені способи тістоготування, що дозволяють скоротити процес отримання готової продукції.

Стадії зберігання, підготовки борошна і додаткової сировини для виробництва залишаються незмінними. Відмінність полягає у стадіях приготування тіста і його дозріванні та обробленні. Прискорені способи потребують більш інтенсивного механічного оброблення тіста на стадії замішування для набуття ним відповідних структурно-механічних властивостей. За традиційними способами тістоготування зміна реологічних властивостей відбувається під час тривалого бродіння тістових напівфабрикатів і тіста. Структурно-механічні властивості тіста є одними із показників його готовності.

Отже, замішування тіста є важливим процесом, адже значною мірою впливає на якість готового виробу. Саме тому, збільшуючи продуктивність, не втрачаючи про цьому у якості хліба, запропоновано у виробництві використовувати двохвальну тістомісильну машину з комбінованими робочими органами, що стане частиною змішувально-бродильноформуального агрегату, в якому відбуваються процеси інтенсивного замішування тіста, короткотермінове бродіння тіста з метою накопичення газоподібних продуктів бродіння для розпушення тістових заготовок перед випіканням та формування екструдуванням тістових заготовок.

Найбільш ефективно використання такого обладнання буде у виробництві виробів видовженої форми за такої технології тістоготування з невеликим подозавантаженням, коли тривалість вистоювання значно перевищує тривалість випікання.

Потоково-механізована лінія для виробництва багетів з тунельною піччю (рис. 4.1) дозволяє повністю механізувати процес виробництва, замінивши різноманітне

обладнання (тістомісильну машину, тістоподільну, обладнання для бродіння, округлювальну, закатувальну машини, шафи попереднього та остаточного вистоювання, допоміжні механізми) одним агрегатом, що дозволить значно скоротити виробничі площі та витрати електроенергії.

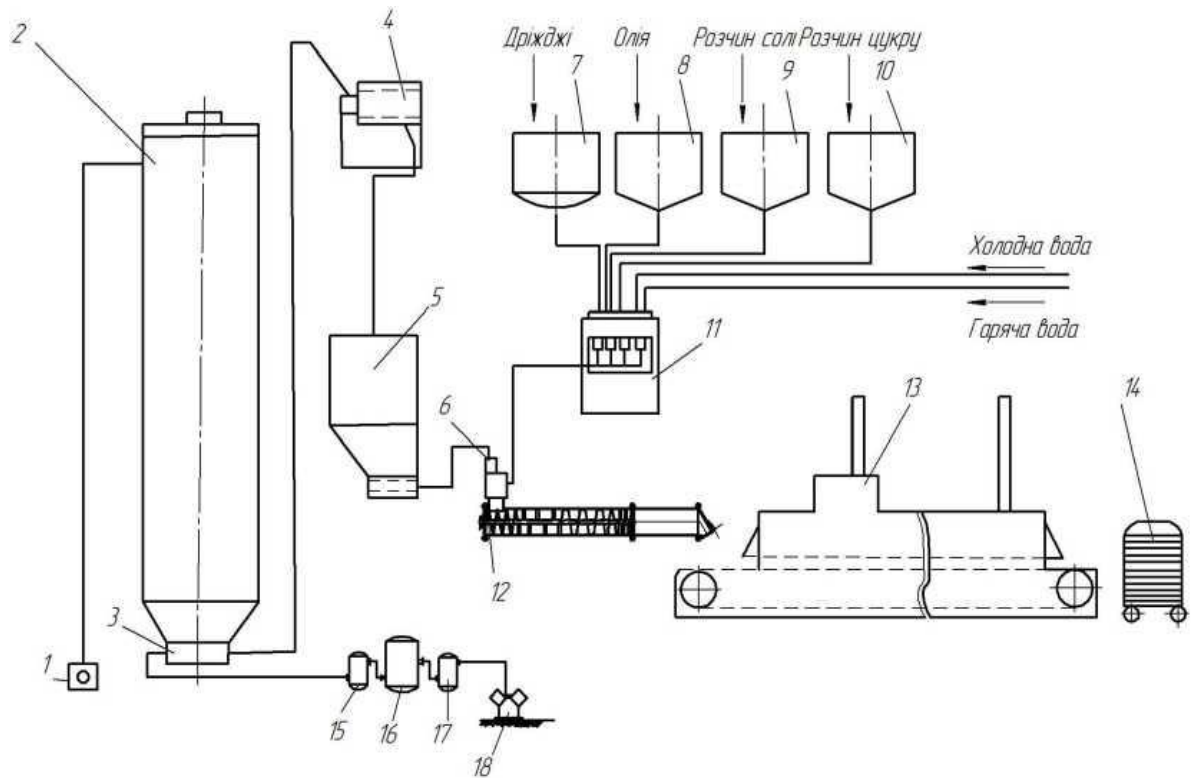


Рис 4.1. - Машинно-апаратурна схема виробництва багетів з використанням інноваційного способу:

1 - приймальний щиток; 2 - силос для зберігання борошна; 3 - роторний живильник; 4 - просіювач борошна; 5 - виробничий силос; 6 - дозатор борошна; 7 - витратна ємкість для дріжджової суспензії; 8 - витратна ємкість для олії; 9 - витратна ємкість для сольового розчину; 10 - витратна ємкість для розчину цукру; 11 - дозувальна станція; 12 - змішувально-бродильноформувальний агрегат; 13 - тунельна хлібопекарська піч; 14 - вагонетка для готових виробів; 15 - вологовідділювач; 16 - ресивер; 17 - масловідділювач; 18 - компресор.

Підготовлене борошно та додаткові інгредієнти дозуються в змішувальну частину агрегату в зону змішування, де тістова маса піддається інтенсивному механічному обробленню в камері замішування та нагнітається в камеру бродіння. Тривалість бродіння тістової маси складає 1 год після чого джгути екструдуються

через формувальні канали на під тунельної печі. Механізм відрізання, встановлений на поверхні матриці розрізає тістові джгути на відповідної довжини та маси заготовки, які надрізаються та випікаються. Готові вироби укладаються в контейнери для транспортування в торгівельну мережу.

Інноваційний спосіб приготування дозволяє об'єднати в одному агрегаті декілька технологічних операцій, що дозволить значно скоротити кількість спеціального обладнання та тривалість технологічного процесу приготування хлібних виробів, зменшити виробничі площі, повністю механізувати і автоматизувати виробництво, зменшити кількість обслуговуючого персоналу знизити використання енерго- та матеріальних ресурсів і в цілому підвищити загальну ефективність виробництва [2].

#### **4.2 Опис будови та робота тістомісильної машини**

Однокамерна тістомісильна машина з двома паралельними місильними робочими органами. Призначена для замішування опари, тіста з пшеничного і житнього борошна.

Складається машина ( рис. 4.2.) з місильної камери 1, патрубків подачі борошна 6 та рідких компонентів 5, станини 9 та комбінованих робочих органів. Через патрубки у місильну камеру подаються компоненти, що попадають на місильні шнеки 3, які розташовані там для першої стадії замішування механічне змішування, яка характеризується рівномірним розподілом компонентів, і яка повинна проводитися в короткий термін з мінімальними затратами енергії. Далі тісто попадає на кулачки 2 і з їхньої участі відбуваються наступні стадії замішування, власне заміс та пластифікація. Через велику площу контакту тіста і кулачків отримуємо хорошу якість готового тіста, завдяки ним отримується тісто схоже на те, яке отримуємо в домашніх умовах, коли замішуємо його руками. В машині присутній механізм для відрізання тіста 11, а готове тісто виходить через патрубок розвантаження 10. Приводиться все в рух від двигуна 7, а управління відбувається через пульт управління 8.

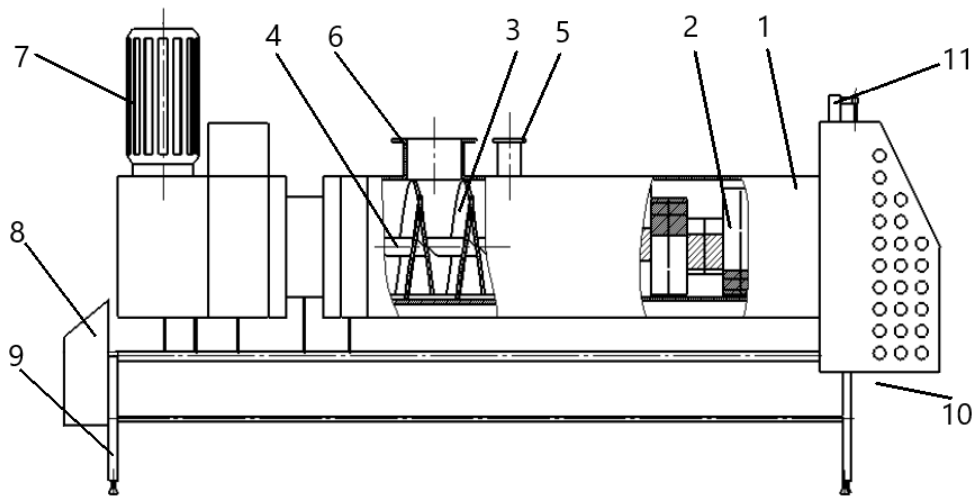


Рис 4.2. – Тістомісильна машина безперервної дії з комбінованим робочим органом

1 – місильна камера; 2 – місильні кулачки; 3 – місильні шнеки; 4 – вал; 5 – патрубок для подачі рідких компонентів; 6 – патрубок для подачі борошна; 7 – двигун; 8 – пульт управління; 9 – станина; 10 – патрубок розвантаження; 11 – механізм для відрізання.

### 4.3 Технічні розрахунки

#### Розрахунок продуктивності тістомісильної машини

1. Секундна продуктивність в зоні замішування, що враховує геометричні параметри шнека, кг/с:

$$\Pi_{c1} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,22^2 - 0,04^2)}{4} \cdot 0,150 \cdot 0,5 \cdot 1400 \cdot 0,2 \cdot 0,15 \cdot 0,55 = 0,127 \text{ кг/с.}$$

$z$  – кількість робочих органів;

$s$  – крок між витками шнека, мм;

$n$  – частота обертання валів, об/с;

$\rho$  – густина, кг/м<sup>3</sup>;

$k_1$ - коефіцієнт подачі, що залежить від форми лопатей та їх розміщення на валу( $k_1 = 0,2 - 0,5$ )

$k_2$  – відношення сумарної поверхні лопатей до гвинтової поверхні такого ж діаметру та кроку( $k_2 = 0,15 - 0,2$ )

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує площу перерізу, яка утворюється перетином траєкторій руху лопатей (для двох вального агрегату  $k_3 = 0,55 - 0,7$ ).

2.Об'ємна швидкість потоку через зазор кулачків зі стінкою.

$$V_k = 0,5 \cdot (\pi \cdot D \cdot n) \cdot \delta \cdot l_s \cdot z \cdot z_w = 0,5 \cdot (3,14 \cdot 0,22 \cdot 30) \cdot 0,001 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 23 = 0,54 \text{ кг/м}^3$$

$\delta$  – зазор між наконечником кулачка і стінкою, мм;

$n$  – кількість обертів валу машини, об/хв;

$z_w$  – кількість валів.

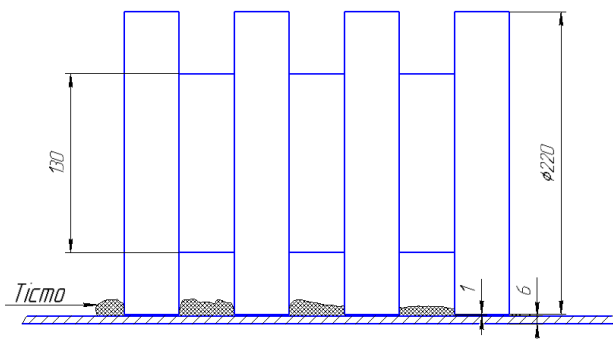


Рис. 4.3. Ескіз кулачків під час роботи.

### Розрахунок геометричних параметрів машини

1. Розраховуємо об'єм камери, де відбувається замішування та пластифікація тіста:

$$V = \frac{P_{c2} \cdot \tau}{\rho} = \frac{0,21 \cdot 600}{1400} = 0,085 \text{ м}^3$$

$\tau$  – час замішування тіста,  $\tau = 30 \text{ хв.} = 1200 \text{ с.}$

### Розрахунки апарату на міцність

Визначення товщини стінки екструдера

Тиск, що діє в апараті, Па:  $P = 0,2 \cdot 10^6$

Внутрішній діаметр циліндричної оболонки  $D_1$ , м:  $D_1 = 0,22$

Допустиме напруження матеріалу 12Х18Н10Т стінки апарату  $\sigma_p$ ,

$[\sigma] = 510 \cdot 10^6$  Па

Надбавка на корозію до товщини стінки  $\delta$ , м:  $\delta = 0,002$

Знаходимо допустиме напруження матеріалу стінки на розтяг:

$\sigma = [\sigma] / n$ ,

де  $n$  – коефіцієнт запасу міцності,  $n = 4$ .

$\sigma = 510 \cdot 10^6 / 4 = 1,27 \cdot 10^8$ .

Знаходимо товщину стінки апарату  $\delta_1$ , м:

$$\delta_1 = \frac{P \cdot D_1}{[2 \cdot \beta \cdot [\sigma]] - P} + \delta = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,22}{2 \cdot 0,85 \cdot 1,27 \cdot 10^8 - 0,2 \cdot 10^6} + 0,002 = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Приймаємо товщину стінки екструдера за стандартом більшу за

розрахункову  $\delta_1 = 0,006$  м.

### **Розрахунок шнека**

Визначаємо і конструюємо шнек, коли відомий максимальний тиск в робочій камері  $P_{\text{МАХ}} = 0,2$  (МПа), коефіцієнт внутрішнього тертя продукту  $f = 0,3$  та щільність продукту  $\rho = 1400 \left( \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$ .

Зовнішній діаметр шнеку  $D$  приймаємо рівним 220 мм, внутрішній  $d = 40$  мм, а крок шнеку приймаємо конструктивно 30 мм.

Кут підйому гвинтових ліній на зовнішній стороні шнека і біля валу визначаємо за наступними формулами:

$$\alpha_D = \operatorname{arctg}\left(\frac{H}{\pi \times D}\right), \quad \alpha_d = \operatorname{arctg}\left(\frac{H}{\pi \times d}\right)$$

$$\alpha_D = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,03}{3,14 \times 0,22}\right) = \operatorname{arctg}0,043 = 2^{\circ}46',$$

$$\alpha_d = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,09}{3,14 \times 0,04}\right) = \operatorname{arctg}0,716 = 55^{\circ}4'$$

Середнє значення кута підйому гвинтових ліній витку шнеку вираховуємо за формулою:

$$\alpha_{CP} = 0,5 \cdot (\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \cdot (2^{\circ}46' + 55^{\circ}4') = 29^{\circ}$$

Допоміжні величини становлять:

$$\cos^2 29^{\circ} = 0,99^2 = 0,76; \quad \operatorname{tg}29^{\circ} = 0,55; \quad \sin 2 \times 29^{\circ} = 0,84.$$

Коефіцієнт відставання часток матеріалу у осьовому напрямку:

$$K_o = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha) = 1 - (0,76 - 0,95 \cdot 0,3 \cdot 0,84) = 0,479$$

Згинальний момент у витку шнека по внутрішньому контуру, а саме біля валу, визначаємо за формулою:

$$M_3 = \frac{P_{MAX} \cdot D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}},$$

де  $P_{MAX}$  - максимальний тиск, що створює шнек;  $a = \frac{D}{d}$  - відношення

діаметрів шнека і валу,  $a = \frac{220}{40} = 5,5$

$$M_3 = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,22^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 5,5^{-4} - 1,2 \cdot 5,5^{-2} - 5,2 \ln 5,5}{1,3 + 0,7 \cdot 5,5^{-2}} = 1586 (H \cdot m^2)$$

Витки шнеку будуть виготовлені зі сталі 12Х18Н10Т, для якої допустиме напруження при згині можемо прийняти рівним допустимому напруженню при розтягу, тобто  $125 \cdot 10^6$  (Па). Тоді товщину витка шнеку визначаємо за формулою:

$$[\sigma] = \pm \frac{6 \cdot M_3}{\delta^2} \text{ звідки}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 1586}{125 \cdot 10^6}} = 0,006 = 6(\text{мм})$$

приймаємо  $\delta = 6(\text{мм})$

Крутний момент при робочих витках шнеку розраховуємо за наступною формулою:

$$M_{KP} = 0,131 \cdot m \cdot (1 - Ko) \cdot P_{MAX} \cdot (D^3 - d^3) \cdot \text{tg} \alpha ,$$

де  $m$  - число максимально навантажених кроків шнека;

$Ko$  - коефіцієнт відставання;

$P_{MAX}$  - максимальний тиск, що розвиває шнек;

$\alpha$  - кут підйому гвинтової лінії витку шнеку,  $\alpha = 30^\circ$

$$Ko = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha) ,$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя продукту по шнеку.

$$Ko = 1 - (0,76 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,84) = 0,366$$

$$M_{KP} = 0,131 \cdot 2 \cdot (1 - 0,366) \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot (0,2^3 - 0,02^3) \cdot 0,55 = 146(\text{Н} \cdot \text{м})$$

Осьове зусилля визначаємо по формулі:

$$S = 0,392 \cdot m \cdot (D^2 - d^2) \cdot P_{MAX} = 0,392 \cdot 2 \cdot (0,22^2 - 0,04^2) \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 7338(\text{Н})$$

Нормальні і дотичні напруження валу знаходимо за формулами:

$$\sigma_{СЖ} = \frac{S}{F} = \frac{7338}{0,5 \cdot 0,1^2} = 1,4(\text{МПа})$$

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_P} = \frac{146}{3,14 \cdot 0,1^3} = 4,6(\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження вираховуємо за формулою:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{1,4^2 + 4 \cdot 4,6^2} = 9,3(\text{МПа})$$

і це напруження знаходиться в межах допустимої напруги для матеріалу валу шнека (сталь 12Х18Н10Т).

Щоб полегшити конструкцію шнеку замість суцільного валу можна взяти порожній вал. Наприклад, в нашому випадку можемо використати трубу. Нормальні і дотичні напруження порожнього валу визначаємо за формулами:

$$\sigma_{CЖ} = \frac{S}{F} = \frac{7338}{0,5 \cdot (0,1^2 - 0,09^2)} = 7,7(\text{МПа})$$

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_p} = \frac{146}{\frac{3,14 \cdot (0,1^3 - 0,09^3)}{16}} = 2,7(\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження визначаємо за формулою:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{7,7^2 + 4 \cdot 2,7^2} = 9,4(\text{МПа})$$

Отримане значення напруги більше раніше знайденого та менше допустимого.

### **Розрахунок кулачків**

Кількість потоків Z – 2;

Осьова відстань A - 176мм;

Діаметр кулачка D - 220мм;

Діаметр кулачка в положенні 90° D<sub>1</sub> - 130мм;

Крок T1(2);

Зазор між стінкою та кулачком δ - 1мм;

Радіус R - 110мм.

$$A = \frac{D}{2} + \frac{D_1}{2} + \delta = \frac{220}{2} + \frac{130}{2} + 1 = 176\text{мм.}$$



$$\text{Тоді: } T_{\text{вих}} = \frac{1800}{3,14} = 573,24 \text{ Нм.}$$

2. Потужність двигуна розраховуємо за формулою:

$$N_{\text{двигуна}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{1800}{0,737} = 2442 \text{ Вт},$$

$$\text{де } \eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{редуктора}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{п}} = 0,8 \cdot 0,94 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,737;$$

$\eta_{\text{редуктора}}$ . – ККД мотор-редуктора 0,8.

$\eta_{\text{зуб.}}$  – ККД прямозубої циліндричної зубчатої передачі 0,94;

$\eta_{\text{п.}}$  – ККД пари підшипників 0,99;

Підбираємо мотор-редуктор за наступними:  $T_1 = 546 \text{ Нм}$ ;  $n = 30 \text{ об/хв}$ ;  $N_{\text{двигуна}} = 3,0 \text{ кВт}$ .

Приймаємо мотор-редуктор SEWEURODRIVE R77DRE112M4/AL, у якого  $T_1 = 660 \text{ Нм}$ ;  $n = 30 \text{ об/хв}$ .  $N_{\text{двигуна}} = 3,0 \text{ кВт}$ ; SEW = 1,25;  $m = 71 \text{ кг}$ ;  $i = 33,47$ .

3. Знаходимо загальне передаточне число:

$$i_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{двигуна}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{1455}{30} = 48,5;$$

Передаточне число привода складається з добутку передаточних чисел мотор-редуктора і прямозубої відкритої циліндричної передачі.

$$\text{Оскільки } i_{\text{редуктора}} = 48,5. \text{ Тоді: } i_2 = \frac{i_{\text{привода}}}{i_{\text{редуктора}}} = \frac{48,5}{1} = 48,5$$

Прямозуба передача необхідна для забезпечення сталої кількості обертів другого валу.

4. Розраховуємо потужності на окремих валах машини:

$$N_1 = N_{\text{двигуна}} = 2442 \text{ (Вт)};$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{редуктора}} = 2442 \cdot 0,8 = 1954 \text{ Вт};$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_n \cdot \eta_{зуб} = 1954 \cdot 0,99 \cdot 0,94 = 1818 \text{ Вт};$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_n = 1818 \cdot 0,99 = 1800 \text{ Вт};$$

Потужність  $N_4=1800$  Вт розподіляється одночасно між двома шнеками.

5. Розраховуємо частоту обертів окремих валів машини:

$$n_1 = n_{дв} = 1455(\text{об/хв}); n_2 = \frac{n_1}{i_{ред}} = \frac{1455}{48,5} = 30(\text{об/хв});$$

$$n_3 = n_2 = 30(\text{об/хв}); n_4 = \frac{n_3}{i_{зуб}} = \frac{30}{1} = 30(\text{об/хв}).$$

6. Визначаємо кутові швидкості на окремих валах машини.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1455}{30} = 152,29(\text{рад/с}); \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{ред}} = \frac{152,29}{48,5} = 3,14(\text{рад/с})$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 3,14(\text{рад/с}); \omega_4 = \frac{\omega_3}{i_{зуб}} = \frac{3,14}{1} = 3,14(\text{рад/с})$$

7. Знаходимо крутні моменти на окремих валах привода:

$$T_4 = 402,59(\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_3 = \frac{T_4}{\eta_{зуб} \cdot \eta_n \cdot i_{зуб}} = \frac{402,59}{0,94 \cdot 0,99 \cdot 1} = 432,61(\text{Н} \cdot \text{м});$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_n} = \frac{432,61}{0,99} = 437(\text{Н} \cdot \text{м});$$

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta_{ред} \cdot i_{ред}} = \frac{432,61}{0,8 \cdot 30,89} = 17,5(\text{Н} \cdot \text{м}).$$

Заносимо всі отримані дані в таблицю для подальшої зручності їх використання.

Таблица отриманих значень

Таблица 4.1.

Номер вала	Потужність N, Вт	Частота обертання n, об/хв	Кутові швидкості, рад/с	Крутний момент T, Н·м	Передаточне число
I	2442	1455	152,29	17.5	
II	1954	30	3,14	437	48,5
III	1818	30	3,14	432.61	1
IV	1800	30	3,14	402.59	

8. Визначаємо загальну кількість часів роботи приводу

$$\sum t = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot K_{\text{річ}} \cdot K_{\text{доб}},$$

де  $c = 8$  - кількість годин у зміні.

$$\sum t = 8 \cdot 3 \cdot 365 \cdot 4 \cdot 0,75 \cdot 0,88 = 23126 \text{ годин}$$

$$t_{\text{екв}} = t_{\Sigma} \sum_{i=1}^n \left( \frac{T_i}{T_H} \right)^3 \frac{t_i}{t_H} t_{\text{екв}} =$$

$$23126 (1^3 \cdot 0,4 + 0,7^3 \cdot 0,4 + 0,47^3 \cdot 0,2) = 12903 \text{ годин.}$$

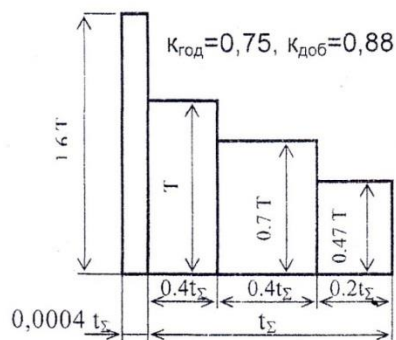


Рис.4.6. - Графік навантаження приводу машини.

**Підбір форсунки для розпилення рідких компонентів**

Для розпилення рідких компонентів потрібно підібрати форсунку. Підібрано форсунку фірми «Lechler» серії 422. Форсунки цієї серії мають цілий ряд особливостей. Вони мають тангенціальний підвід рідини, відсутність вбудованих елементів, нечутливість до забивання форсунки, рівномірне розпилення, стабільний кут конуса розпилу.

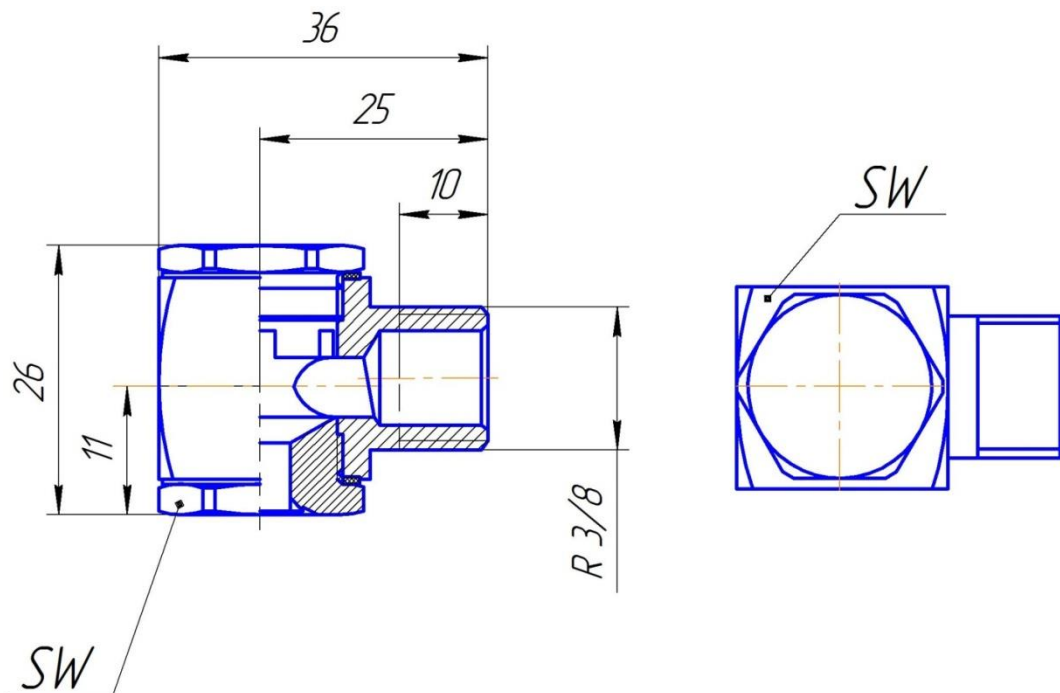


Рис. 4.7. - Ескіз форсунки.

SW = 19

При тиску  $P=1$  бар, буде розпилюватись  $V=2,23$  л/хв. рідини. Діаметр струменю при  $P = 1$  бар та висоті конуса  $H = 200$  мм становитиме  $D = 380$  мм. Всі дані було взято з каталогу фірми.

## РОЗДІЛ 5

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

#### Вихідні дані для розрахунку

Щоб впровадити тістомісильну машину безперервної дії у виробництво потрібно ознайомитись з основними показниками економічної ефективності такими як: загальні капіталовкладення, термін окупності, прибуток, підвищення продуктивності праці, річний економічний ефект.

Потрібно розраховувати і проаналізувати ряд додаткових показників, що характеризують хлібопекарське виробництво і додатково дають необхідні дані для аналізу його технічних, економічних та інших переваг та недоліків.

*Таблиця 5.1*

№	Показники	Одиниця виміру	До впровадження	Після провадження
1	Обсяг виробництва	т/добу	3	5
2	Кількість діб роботи лінії на рік	дів	330	330
3	Кількість змін роботи	зміна	2	2
4	Кількість працюючих на лінії в зміну	чоловік	3	3
5	Ціна на сировину:			
6	борошно вищ. гат.	грн/т	4400	4400
7	Олія	грн/кг	13,6	13,6
8	Цукор	грн/кг	14	14
9	Дріжджі	грн/кг	5,2	5,2
10	Вода	грн/м <sup>3</sup>	4	4
11	Сіль	грн/кг	2,5	2,5
12	Потужність	кВт	350	350

	електрообладнання лінії			
13	Вартість 1 кВт/год	грн.	2	2

### Розрахунок обсягу капітальних витрат (інвестицій)

Капітальні витрати на запровадження проекту визначаються на основі кошторисно-фінансових розрахунків і містять:

- затрати на винахідницькі, геологорозвідувальні і проектні роботи – 4-5% від загальної кошторисної вартості об'єкта;

- вартість об'єктів основного виробництва, яка визначається: для будівель виходячи з кубатури основного корпусу і вартості 1 м<sup>3</sup> будівлі;

- вартість обладнання - за ринковими цінами з врахуванням транспортних затрат (5% вартості обладнання), заготівельно-складських витрат (1,0-1,25% вартості обладнання), монтажу (8-10%), засобів автоматизації та проектних робіт (3-4%) вартості обладнання.

Вартість інших робіт і затрат становить: очищення території — 0,5-1,0%; затрати на виробничий, господарський інвентар та інструмент 1,5-4% вартості обладнання.

Витрати на основні матеріали, куповані вироби та напівфабрикати розраховуємо за формулою:

$$B_M = \Pi_M \cdot M_M / K_B,$$

де  $\Pi_M$  - вартість 1кг матеріалів з врахуванням транспортно-заготівельних затрат;

$M_M$  - маса матеріалів, кг;

$K_B$  - коефіцієнт використання матеріалів (0,6-0,8).

В даному випадку вартість нового обладнання (тістомісильної машини) буде складатись з таких вартостей матеріалів і комплектуючих:

$$B_M = B_{\text{метала}} + B_{\text{заслонок}} + B_{\text{роб.орг.}} + 2B_{\text{форсунка}} + B_{\text{редуктор}} + B_{\text{автоматики}}$$

### Розрахунок вартості тістомісильної машини

Таблиця 5.2

Одиниця матеріалу	Одиниця виміру	Ціна одиниці, грн	Кількість	Коефіцієнт використання	Загальна Вартість, грн..
Нержавіюча сталь	кг	95	328	0,8	25000
Гума	кг	10	45	0,9	500
Заслінка	шт.	4000	1	-	4000
Редуктор	шт.	11900	1	0,9	11900
Форсунка	шт.	2800	2	-	5600
Автоматика	-	-	-	-	5000
Сума					52035

Повну собівартість нового обладнання розраховуємо за формулою:

$$C_{II} = B_M + B_i = 52035 + 52035 \cdot \frac{65}{100} = 52035 + 33822 = 85857 \text{ грн.}$$

де  $B_M$  - затрати на основні матеріали, куповані вироби і напівфабрикати, грн;

$B_i$  - затрати по заробітній платі, устаткуванню та експлуатації обладнання, цехові, загальнозаводські та позавиробничі витрати ( приймаємо 650% від  $B_M$ ).

Оптово-відпускну ціну нової машини визначаємо з врахуванням розрахункового прибутку (15%), тобто:

$$C = C_{II} \cdot 1,15 = 85857 \cdot 1,15 \approx 100000 \text{ грн.}$$

Розрахуємо загальну вартість лінії, що включає в себе вартість нового обладнання, спроектованої машини (екструдера), а також визначаємо одночасні додаткові (нові) капітальні затрати (початкові інвестиції):

Витрати на придбання та встановлення обладнання

Таблиця 5.3

Обладнання	Тістоподільник	Тістомісильна машина	Конвеєр	Піч
Ціна, грн	50000	100000	8000	1000000
Транспортні витрати (5%)	1000	5000	400	9000
Заготівельно-складські витрати(1%)	180	1000	80	1000
Витрати на монтаж (8%)	1496	8000	640	7976
Витрати на проектні роботи (3%)	561	3000	240	2991
Витрати на інструмент (2%)	374	2000	160	1994
Сума, грн	53611	119000	9520	1020969
Загальна сума, грн	<b>1203100</b>			

**Розрахунок обсягу виробництва і реалізації продукції**

Щоб розрахувати обсяг виробництва у натуральному виразі в розрізі асортименту товарної продукції підприємства користуємось показниками, на основі яких обсяг виробництва в проектному варіанті рахуємо за формулою:

$$A = N_T \cdot F_{\max} \cdot K_{\text{викор}} = 3 \cdot 330 \cdot 1 = 990 \text{ т/рік}$$

де  $N_T = 3$  - норма технічної продуктивності підприємства;

$F_{\max} = 330$  діб - максимальний фонд робочого часу підприємства;

$K_{\text{вик}} = 1$  – коеф. використання потужності.

### Розрахунок чисельності працюючих і фонду заробітної плати

Під час проектування будівництва підприємства (цеху) необхідно визначити кількість працюючих та розміри фонду їх заробітної плати за категоріями промислово-виробничого персоналу (робітники, спеціалісти, службовці та ін.).

Чисельність усіх спеціалістів, службовців, учнів, МОП та охорони визначається на основі діючих нормативів, типових структур апарату управління згідно з типовими проектами в залежності від категорії підприємства. Однак в ринкових умовах за різних форм власності структуру апарату управління, кількість спеціалістів залежно від виробничих умов будь-яке підприємство може визначати самостійно. В нашому випадку кількість змін.

Таблиця 5.4 Розрахунок фонду заробітної плати

Річний фонд заробітної плати, всього		99000	110880	114840
Фонд додатков заробітної плати,	Вислуга років 6%	486	540	552
	Умови праці 6%	486	540	552
	Оплата щорічних і додаткових відпусток 7%	567	630	644

	За роботу у вихідні 50 % та	4050	4500	4600
	святкові дні 100 %	8100	9000	9200
	За роботу у вечірні та нічні години 31,6 %	2511	2808,33	2908,77
	Премії 50%	4050	4500	4600
Кількість днів роботи підприємства на рік		330	330	330
Тривалість робочої зміни, год		12	12	12
Годинна тарифна ставка, грн.		26	28	29,0
Тарифний розряд		IV	IV	IV
Явочна кількість робітників.		1	1	1
Професії		Тістороб	Оператор	Пекар

Розрахуємо загальну заробітну плату на лінії:

$$ЗП_{заг} = 99000 + 110880 + 114840 = 324720 \text{ грн.}$$

Розрахуємо заробітну плату на 1 тону продукції:

$$ЗП^T = ЗП_{заг} / A = 324720 / 990 = 328 \text{ грн./т}$$

### **Розрахунок собівартості продукції.**

#### *Відрахування на соціальне страхування*

Величину відрахувань на соціальне страхування визначимо виходячи з наведених розрахунків по заробітній платі та встановлених чинним законодавством нормативів нарахувань на соціальні потреби.

За заводськими даними відрахування на соціальне страхування буде становити 38,3 % від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$328 \cdot 0.383 = 125,6 \text{ грн/т}$$

Розрахунок зміни витрат на електроенергію:

$$B_{ел} = ((N_{містоліс} \cdot K_{вик} + N_{екст} \cdot K_{вик} + N_{транс} \cdot K_{вик} + N_{печи} \cdot K_{вик}) \cdot K_{втр} \cdot K_{ч} \cdot T \cdot Ц_e) / K_{кд} =$$
$$= ((5 \cdot 0,9 + 6 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,9 + 55 \cdot 0,95) \cdot 1,06 \cdot 0,85 \cdot 7920 \cdot 2) / 0,9 = 987806 \text{ грн}$$

Розрахуємо витрати електроенергії на 1 тону продукції:

$$B_{ел}^T = B_{ен} / Прод = 987806 / 990 = 998 \text{ грн./т}$$

де N - встановлена потужність машини, кВт;

K<sub>вик</sub> - коефіцієнт використання потужності електродвигуна -0,7-0,9;

K<sub>втр</sub> - коефіцієнт, який враховує втрати електроенергії в електромережі заводу - 1,06;

K<sub>ч</sub> - коефіцієнт завантаження електродвигуна в часі;

T - річний фонд роботи обладнання, год.;

Ц<sub>в</sub> - вартість 1 кВт-год електроенергії, грн;

K<sub>кд</sub> – ККД електродвигуна - 0,9.

Витрати на утримання і експлуатацію обладнання

Затрати на утримання і експлуатацію обладнання становлять 6% від вартості обладнання, а норма амортизації – 21,9 % на рік, що в сумі дорівнює 27,9%.

При вартості лінії 1203100 тис. грн:

$$1203100 \cdot 27,9 / 100 = 335665 \text{ грн/рік}$$

Затрати на тону складатимуть:

$$335665 / 990 = 340 \text{ грн/тону}$$

Затрати на підготовку і освоєння виробництва

Затрати на підготовку і освоєння виробництва складатимуть 16,6% від ціни обладнання, тобто  $1203100 \cdot 16,6 / 100 = 199715$  грн.

На 1 тону продукції ці затрати становитимуть:

$$199715 / 990 = 201,6 \text{ грн/т}$$

Витрати на охорону праці

Витрати на охорону праці складають 5 % від вартості обладнання

$$1203100 \cdot 5/100 = 60155 \text{ грн.}$$

На 1 тону продукції ці затрати становитимуть:

$$60155/990 = 60,9 \text{ грн./т}$$

Сировина і основні матеріали

Вихід хліба становить 136%, тобто зі 100 кг борошна отримуємо 136 кг готової продукції.

Таблиця 5.5 Витрати на сировину

Сировина	Ціна за 1 кг, грн.	Норма витрат	Витрати на 1 т борошна, кг	Сума, грн
Борошно	8,93	100	735,28	6573
Сіль	2,7	1,4	10,29	26,75
Цукор	14	6	44,12	617,7
Дріжджі	5,4	1,3	9,56	50,67
Вода	4	50	367,646	1470
Олія	13,6	6	44,13	595,5
Всього				
Транспортно-заготівельні затрати				
на борошно	7,24		735,28	5,31
на сировину	95,1		119,11	11,33
Всього				9351

Зворотні відходи

В даній статті враховують відходи виробництва від сировини і напівфабрикатів, що утворилися під час виготовлення продукції і можуть бути використані на підприємстві чи бути проданими іншому споживачу.

Приймаємо кількість відходів 1% від 1 тони виробів, що дорівнює 0,01 тони. Для того щоб отримати величину цих відходів у вартісному вигляді, треба їх кількість перемножити на половину вартості борошна:

$$0,01 \cdot 9351 / 2 = 46,76 \text{ грн/т}$$

*Таблиця 5.6 Статті витрат собівартості продукції*

№	Статті витрат	Витрати, грн/т
1	Сировина (в тому числі транспортні витрати)	9351
2	Зворотні відходи	– 46,76
3	Електроенергія	998
4	Основна заробітна плата	328
5	Відрахування на соціальне страхування	36,231
6	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	340
7	Витрати на підготовку і освоєння виробництва	201
8	Витрати на охорону праці	60,9
Виробнича собівартість		11357,63
9	Витрати на збут (11,5 %)	1249,33
10	Адміністративні витрати (6,7%)	420
Повна собівартість		13026,99

## Визначення основних показників економічної ефективності

Приймаємо рентабельність продукції  $R=15\%$ , тоді прибуток на 1 тону виробів буде становити:

$$\text{Пр}^1 = R \cdot C,$$

де  $C$  – повна собівартість тони виробів.

$$\text{Пр}^1 = 0.15 \cdot 13026,89 = 1954,046 \text{ грн.}$$

$$\text{Прибуток за 1 рік } \text{Пр}^1 = 990 \cdot 1954,047 = 1934506,52 \text{ грн.}$$

З врахуванням податку на прибуток

$$\text{Пр} = 0.18 \cdot \text{Пр}^1 = 0.18 \cdot 1954,047 = 351 \text{ грн.}$$

За 1 рік ця величина становитиме

$$351 \cdot 990 = 347490 \text{ грн.}$$

Оптову ціну виробів розраховуємо за такою формулою:

$$Ц = C + (R + \text{ПДВ}) \cdot C = 13026,98 + (0,15 + 0,2) \cdot 13026,98 = 17586,41 \text{ грн./т}$$

### **Розрахунок доцільності капітальних вкладень з врахуванням дисконтування проекту протягом терміну його служби.**

За основу беремо попередні розрахунки:

1. Капітальні витрати  $K = 1203100$  грн.
2. Балансовий прибуток =  $1934506,53$  грн.
3. Додатковий прибуток за відрахуванням податку  $\text{Пр} = 347460$  грн.
4. Амортизація  $A_m = 1203100 \cdot 0,219 = 263478,8$  грн.
5. Життєвий цикл заходу  $T = 100 / 21,9 = 4,57$  року  $\approx 5$  років.
6. Ставка дисконту  $p = 20\%$ .

Розрахуємо чистий грошовий потік:

$$\text{ЧГП} = (\text{Пр} + A_m) / \text{ПДВ} = (347460 + 263478,8) / 1,3 = 509115,76 \text{ грн}$$

Чистий приведенний дохід (ЧПД):

$$\text{ЧПД} = \sum_{i=1}^n \frac{\text{ЧГП}_i}{(1+p)^T} - I,$$

де  $\frac{1}{(1+p)^T} = \alpha_i$  - коеф. дисконтування;

$$\text{ЧПД} = \sum_{i=1}^n \text{ЧГП}_i \cdot \alpha_i - I.$$

Розрахунки заносимо в табл. 5.7

Таблиця 5.7

Показники	Роки						
	0	1	2	3	4	5	Всього, грн
1. Інвестиції (I)	1203100	-	-	-	-	-	1202100
2. Чистий грошовий потік (ЧГП)	-	509115,76	509115,76	509115,76	509115, 76	509115,76	2545578,7 6
3. $\alpha_t = 1/ (1+p)^T$ при $p = 0,2$ (20%)	1,0	0,834	0,693	0,578	0,481	0,401	
4. ТВ	-	424093,3	353326,4	294268,8	245393, 6	204664,54	1521746,5 4
Кумулятивни й потік	1203100	265524,2	711200,6	1082383,6	139191 6,8	1650075,3	

ЧТВ = 1650075,3 грн. ЧТВ більший від 0 - проект можна рекомендувати до впровадження.

Індекс (коефіцієнт) прибутковості:

$$PII = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{TB_i}{(1+i)^i}}{I} = \frac{1521746,53}{1203100} = 1,27$$

Тобто з 1 грн. інвестицій ми отримуємо 1,27 грн. дисконтованого чистого грошового потоку за весь період життєвого циклу проекту. ІП більший одиниці. Інвестування є доцільним.

Розрахуємо індекс доходності (ІД):

$$Щ = ЧТВ / I = 16500752 / 269416 = 6,125$$

Розрахуємо період окупності:

а) недисконтований:

$$ПО_{недиск} = \frac{I}{ЧГП} = \frac{1203100}{509115,75} = 2,36 \text{ року.}$$

б) дисконтований:

$$ПО_{недиск} = \frac{I}{\sum_{t=1}^n \frac{ЧГП_t}{(1+p)^T \cdot n}} = \frac{1203100}{1521746,53 : 5 \text{ років}} = 3,95 \text{ року.}$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 5.8:

Таблиця 5.8

Показники:	Одиниця виміру	Проект
1. Виробнича потужність	т/добу	5
2. Явочна кількість робітників	чол	3
3. Додаткові капітальні витрати	тис.грн	1,203,100
4. Додатковий дохід	тис.грн	347,460
5. Термін окупності:	роки	
-недисконтований		2,36
-дисконтований		3,95
6. Індекс прибутковості		1,27
7. Індекс доходності		6,125

## **Висновок**

Впровадження тістомісильної машини безперервної дії з комбінованими кулачковими робочими органами в лінію хлібопекарського підприємства збільшить його продуктивність і також прибуток.

В результаті лінії недисконтований період окупності складе 2,37 року, а дисконтований період окупності – 3,96 року. І 2,36 і 3,95 менше 5 років, період окупності в межах життєвого циклу проекту.

А тому, за усіма показниками чистого приведеного доходу, періоду окупності, індексу доходності та індексу прибутковості проект можна рекомендувати до впровадження.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 6.1 Організація проведення інструктажу з охорони праці

**Охорона праці** - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих для збереження життя, здоров'я та працездатності людини під час трудової діяльності, а також дозвіл на початок робіт підвищеної небезпеки, який необхідний організації чи підприємству [13].

Законодавство праці містить норми та вимоги із техніки безпеки та виробничої санітарії, норми, котрі регулюють робочий час та час відпочинку, звільнення і переведення на іншу роботу, норми праці жінок, молоді, гігієнічні норми та правила, тощо.

14 жовтня 1992 року прийнятий Закон України "Про охорону праці" та "Кодекс законів про охорону праці". 1 січня 2003 року діє Закон України "Про охорону праці" з поправками та корективами, мета яких врегулювання та встановлення відповідних умов праці персоналу.

На будь-якому підприємстві передбачено проведення інструктажів із техніки безпеки.

Працівники, під час прийняття на роботу і час від часу в період роботи, повинні проходити на підприємстві, інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги, потерпілим після нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж чи стихійних лих.

За характером та часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на такі:

**Вступний інструктаж** - проводиться спеціалістом служби, охорони праці, чи іншим фахівцем відповідно до розпорядження на підприємстві, який в установленому типовим положенням порядку пройшов навчання та перевірку знань із питань охорони праці.

Вступний інструктаж проводиться у кабінеті охорони праці чи у приміщенні, яке спеціально для цього обладнано, із використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних та наочних посібників за програмою, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма та тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства.

Запис про проведення вступного інструктажу робиться в журналі реєстрації вступного інструктажу з питань охорони праці, який зберігається службою охорони праці або працівником, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у наказі про прийняття працівника на роботу.

**Первинний інструктаж** - проводиться до початку роботи безпосередньо на робочому місці з працівниками.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться індивідуально чи з групою осіб одного фаху за діючими на підприємстві інструкціями з охорони праці відповідно до виконуваних робіт.

**Повторний інструктаж** – проводиться на робочому місці індивідуально, із окремим працівником чи групою працівників, які виконують однотипні роботи, за обсягом і змістом переліку питань первинного інструктажу.

Повторний інструктаж проводиться у терміни, які визначені нормативно-правовими актами з охорони праці, що діють в галузі, або роботодавцем (фізичною особою, що використовує найману працю) із урахуванням конкретних умов праці, та не рідше:

- на роботах із підвищеною небезпекою - 1 раз на 3 місяці;
- для решти робіт - 1 раз 6 місяців.

**Позаплановий інструктаж** - проводиться з працівниками на робочому місці чи у кабінеті охорони праці:

- при введенні у дію нових або переглянутих нормативно-правових актів із охорони праці, також при внесенні змін і доповнень до них;
- при зміні технологічного процесу або модернізації устаткування, приладів та інструментів, вихідної сировини, матеріалів або інших факторів, котрі впливають на стан охорони праці;
- при порушеннях працівниками вимог нормативно-правових актів з

охорони праці, що призвели до травм, аварій, пожеж тощо;

- при перерві в роботі виконавця робіт більш ніж на 30 календарних днів
- для робіт з підвищеною небезпекою, а для решти робіт - понад 60 днів.

Позаплановий інструктаж з учнями, студентами, курсантами та слухачами проводиться під час проведення трудового та професійного навчання і порушеннях ними вимог нормативно-правових актів із охорони праці, що можуть призвести або уже призвели до травм, аварій та пожеж.

**Цільовий інструктаж** - проводиться з працівниками:

- при ліквідації аварії чи стихійного лиха;
- при проведенні робіт, відповідно до законодавства оформлюються наряд-допуск, наказ чи розпорядження.

Цільовий інструктаж проводиться індивідуально з окремим працівником або із групою працівників. Обсяг та зміст цільового інструктажу визначаються залежно від виду робіт, які виконуватимуться [ ].

## **6.2 Обов'язки працівника на його робочому місці**

Всі працівники при обслуговуванні обладнання повиненні дотримуватись правил згідно техніки безпеки:

- перед початком роботи потрібно перевірити своє робоче місце, справність обладнання, наявність і справність захисних огорожень, блокувальних пристроїв, інструменту заземлення;
- В процесі роботи з тістомісильною машиною використовується спецодяг і засоби індивідуального захисту: халат, фартух бавовняний, головний убір, діелектричний килимок.
- проводити змащення, зачистку, ремонт машини чи окремої частини обладнання можна тільки при повній зупинці машини, надійному її відключенні та вивішуванні на пусковому пристрої таблички "Не вмикати! Працюють люди".
- працювати лише на справному обладнанні і механізмах. Перед пуском обладнання чи механізму потрібно впевнитися, що цей пуск в роботу нікому не загрожує;

- при обслуговуванні обладнання, що працює з високими температурами уникати контакту з гарячими частинами машини чи механізму;
- якщо під час роботи у механізмі, що рухаються, потрапив сторонній предмет, вилучити його на ходу забороняється. Потрібно негайно зупинити механізми і повільно, обертаючи деталі механізму ручним способом, вилучити цей предмет. Забороняється торкатися до частин механізму, котрі рухаються або спиратися на них.
- Працюючі з тістомісильною машиною зобов'язані дотримуватися правил пожежної безпеки, знати місця розташування первинних засобів пожежогасіння.
- Для попередження і запобігання поширенню шлунково - кишкових, паразитарних та інших захворювань працівник зобов'язаний: коротко стригти нігті; ретельно мити руки з милом перед початком роботи, після кожної перерви в роботі і зіткнення з забрудненими предметами, а також після відвідування туалету.
- Працівник, що допустив невиконання або порушення даної *інструкції з охорони праці при роботі з тістомісильною машиною (тістомісом)*, притягується до відповідальності згідно з Правилами внутрішнього трудового розпорядку, трудовим договором і, при необхідності, підлягає позачерговій перевірці знань, норм і правил охорони праці.

### **6.3 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів у роботі з тістомісильною машиною**

На працівника, що виконує роботу з тістомісильною машиною, можуть впливати такі небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- рухомі частини технологічного обладнання;
- підвищена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі;
- недостатня освітленість робочої зони;

- гострі кромки, задирки і нерівності поверхонь обладнання, інструменту, інвентарю, тари;
- підвищений рівень вібрації на робочому місці;
- фізичні перевантаження;
- ураження електричним струмом при несправному заземленні корпусу тістомісильної машини і відсутності діелектричного коврика;
- ураження електричним струмом при пошкодженій ізоляції шнура живлення, штепсельної вилки, ушкодженому корпусі.

## ВИСНОВКИ

Досліджено вплив різних робочих органів на продуктивність тістомісильної машини та реологічні властивості тіста.

З допомогою імітаційного моделювання було виявлено, що оптимальною швидкістю робочих органів для замішування є 60 об/хв. Розподіл дисипації в місильній камері та зміна температури під час процесу замішування, при швидкості обертання робочого елемента 60 об/хв температура дріжджового тіста піднімається лише до 5°C, що цілком прийнятно під час замішування тіста. Досліджували швидкість перемішування, в'язкість тіста та тиск у камері змішування. Зі збільшення швидкості обертання робочого елемента, швидкості перемішування тіста в камері збільшується. Збільшення швидкості обертання з 20 об/хв до 100 об/хв збільшує тиск в місильній камері і зменшує в'язкість дріжджового тіста.

На основі цих результатів запропоновано змінити конфігурацію робочого органу та зробити його комбінованим. Де на початку робочого органу буде шнек, а за ним кулачки. За рахунок такої конфігурації якість замісу на усіх трьох стадіях буде найкращою, що в свою чергу дасть найкращу якість тіста.

Отже, використання машин безперервної дії дозволяє механізувати та автоматизувати виробничі процеси, щоб виключити використання людської праці, забезпечити високу якість готової продукції, зменшити енергетичні витрати, збільшити прибуток.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лісовенко О.Т., та ін.. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. / О.Т. Лісовенко, О.А. Руденко-Грицюк, І.М. Литовченко // - К.: «Наукова думка», 2000. – 281 с.
2. Технологічні комплекси харчових виробництв: Навчальний посібник / В. І. Теличкун, О. М. Гавва, Ю. С. Теличкун, О.О. Губеня, М. Г. Десик, О. М. Чепелюк. – Київ: Видавництво «Сталь», 2017. -456 с.
3. Modeling of the process of kneading the yeast dough by cam operating elements/ Vitalii Rachok, Volodymyr Telychkun, Yevgenii Shtefan, Yuliya Telychkun, Stanka Damyanova// 31.05.2019
4. Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості/ В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко; за ред. В.Г. Мирончука. Підручник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
5. Мирончук В.Г., Люлька Д.М., Єщенко О.А., Свідерська О.І. Монтаж та технічний сервіс обладнання/ В.Г. Мирончук, Д.М. Люлька, О.А. Єщенко, О.І. Свідерська. Практикум: навч.посіб. / За ред. В.Г.Мирончука. – К.: НУХТ, 2017. – 162 с.
6. Пучкова Л.И. Технология хлеба / Л.И. Пучкова, Р.Д. Поландова, И.В. Матвеева – СПб.: Гиорд, 2005.- 557 с., Матц С.А. Структура и консистенция пищевых продуктов.– М.: Пищевая промышленность, 1972.- 237 с.
7. Монтаж, ремонт, наладка обладнання харчових виробництв // П.В. Гурський, Ф.В. Перцевий, І.С. Гулий. Практикум. Навч.посібник. – Харків: 2001. – 230 с.
8. Технологічне обладнання харчових виробництв. Механічне обладнання: Навчальний посібник для студентів механічних фахів. – Одеса: Астропринт, 2001. – 320с.
9. Казаков, Н. Ф. Технология пищевого машиностроения: Учебник для ВУЗов по специальности ”Машины и аппараты пищевых производств“

- [Текст] / Н. Ф. Казаков, Г. А. Мартынов. — М. : Машиностроение, 1982. — 296 с.
10. Трегуб, В. Г. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств [Текст] / В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк. — М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 362 с.
  11. Гатилин Н. Ф. Проектирование хлебзаводов. — М. : Агропромиздат, 1975. — 376 с.
  12. Горошко М. К. Основы теории и расчета машин-автоматов и автоматических линий хлебопекарной пром-сти. — М. : Пищ. Пром-сть, 1977. — 312 с.
  13. Верховна Рада України; Закон від 14.10.1992 № 2694-ХІІ «Про охорону праці» (поточна редакція від 12.03.2011 на підставі 3038-17), чинний.
  14. Десик М.Г. Шляхи економії енергоресурсів при виробництві сухарних виробів/ М.Г. Десик, В.І. Теличкун, Ю.С. Теличкун, І.В. Житнецький// Хлібопекарська і кондитерська промисловість України. — 2011. - № 11-12. — 13-15.
  15. Технологическое оборудование хлебопекарных предприятий / Ю. П. Головань и др. — М. : Агропромиздат, 1988. — 382 с.
  16. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств / А. А. Михелев, Н. М. Ицкович, М. Н. Сигал и др. А. В. Володарський. — М. : Пищ. Пром-сть, 1979. — 326 с.
  17. Середа Д.Г., Домашевский В.И. Охрана труда в пищевой промышленности — М., Пищевая промышленность 1993 — 344 с.
  18. Справочник механика пищевой промышленности. / А.И. Соколенко, А.И. Украинец, В.Л Яровой и др. Под ред. А.И. Соколенко — К.: Арт Эк. 2004 — 304 с.
  19. Соколов, А. А. Основы расчета й конструирования машин й аппаратов пищевых производств [Текст] / А. А. Соколов. — М. : Пищепромиздат,

1960. — 431 с.

20. Павлице, В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин [Текст] / В. Т. Павлице. — К. : Вища школа, 1993. — 556 с.
21. Киркач, Н. Ф. Расчет и проектирование деталей машин [Текст] / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян. — Х. : Основа, 1981. — 276 с.
22. В. Е. Донцов, Р. В. Зуева, Р. В. Крушпова и др. Організація і планування виробництва на підприємствах харчової промисловості. 1972-522с.
23. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва [Текст] / В.І. Дробот – К.: Логос, 2002. – 365 с.
24. <https://is.gd/HkD693>
25. <https://www.sobatech.com/>
26. <https://is.gd/FkbuNS>
27. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815044185>
28. <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/6039>
29. <https://www.youtube.com/watch?v=dQw4w9WgXcQ>
30. <https://www.semanticscholar.org/paper/The-influence-of-kneading-time-on-bread-dough-Canja-Lupu/2c5e1e1a125e8c705a8c9f0af26f68493cc58bc1>
31. <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/3578>
32. [https://www.researchgate.net/publication/286156985 New Approach to the Study of Dough Mixing Processes](https://www.researchgate.net/publication/286156985_New_Approach_to_the_Study_of_Dough_Mixing_Processes)
33. <https://is.gd/Er4bmY>
34. <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-effektivnosti-raboty-i-osnovnyh-kriteriev-vybora-testomesilnyh-mashin>

## ДОДАТКИ

Додаток 1. Результати дослідів різних робочих органів при різній швидкості обертання

Р.О.(шв. об.)	Шв. переміщення, м/с	Тиск, Па	Дисипація	В'язкість, Па·с
К 30	0,27	8000	5	500
К 40	0,3	8000	5,5	400
К 50	0,3	8000	6	400
К 60	0,3	8000	6	400
К 80	0,32	8000	6,5	500
П 30	0,15	1500	2,5	337
П 40	0,15	1500	4,5	337
П 50	0,15	1500	4,5	261
П 60	0,15	1500	5,5	375
П 80	0,15	1500	6,5	261
Ш 5 вит 30	0,24	2501	2,5	720
Ш 5 вит 40	0,24	2501	2,5	720
Ш 5 вит 50	0,24	2501	3,5	720
Ш 5 вит 60	0,24	2501	4	810
Ш 5 вит 80	0,24	2501	4,5	720
Ш 8 вит 30	0,24	3500	3	765
Ш 8 вит 40	0,27	3500	3,5	765
Ш 8 вит 50	0,24	3500	4	765
Ш 8 вит 60	0,27	4000	5	689
Ш 8 вит 80	0,24	4000	5,5	689

---

## RESEARCH OF THE PROCESS OF KNEADING DOUGH IN DOUGH MIXER OF CONTINUOUS ACTION

---

### **Tymchyshyn Andrii - Student**

Department Machines and apparatus of food and pharmaceutical productions,  
National University of Food Technology, Ukraine

E-mail: andriitymchyshyn12@gmail.com

Assoc.prof. Vitalii Rachok, PhD Assoc.prof.

Yuliya Telychkun, PhD

Department Machines and apparatus of food and pharmaceutical productions,  
National University of Food Technology, Ukraine

E-mail: RachokV3478@gmail.com, tvill@meta.ua

**Abstract:** *Mathematical simulation of the process of kneading wheat yeast dough by cam working elements in the software complex Flow Vision was carried out. The calculation grid was used to model the process. At the stage of setting of the task, the conditions of contact of interaction of the material with the working elements and the mixing chamber are specified, as well as the values of the structural and mechanical characteristics of the dough. During the study, the distance between the cam working elements were placed in the range from 2 to 10 mm (2-4-6-8-10 mm), the inspection speed was used in the range from 20 rpm to 100 rpm (20- 40 60-80-100 rpm). After settings all the necessary parameters in the program complex the stage of calculating and visualizing of the kneading the yeast dough process begins. For pseudoplastic fluids with variable product viscosity (non-Newtonian fluid), the shear stress is gradual. The distribution of the shear stress in the yeast dough in the process of kneading by the cam working elements was investigated and, as a result, the distribution of mechanical load for each position of the cam working elements in the kneading chamber. Studies related to the influence of the distance between the cams and the speed of rotation of the working element on the process of kneading the yeast dough.*

**Keywords:** *Modeling, Dough, Kneading, Cam*

### INTRODUCTION

The development of a continuous-action dough-mixing machine is accompanied by the choice of a rational configuration of the working element. Rationalization is realized by analyzing the various configurations of the working element and its effect on the kneading process. Imitation modeling aims to calculate the values of certain characteristics of a process that develop over time, by reproducing the flow of this process on a computer via its mathematical model (Hackenberga, S., Vogelb, C., Scherfb, K.A., Jeklea, M., Beckera, T., 2019; Tozattia, P., Hopkinsa, E.J., Briggsb, C., Huclb, P., Nickerson M. (2019). Imitation modeling of the yeast dough kneading process was performed using Flow Vision software. During projecting of the process of dough mixing, there is a range of issues related to the type of working elements is supposed to be chosen. On the basis of theoretical searches and obtained experimental results, after comparative analysis of working elements, it was decided to simulate the process of kneading yeast wheat dough using cam working elements (Lamrinia, B., Della, G., Treleac, T., Perrotc, N., Trystram, G., 2012). Obtaining information about the process of mixing at any point in the mixing tank using simulation modeling and the results of a physical experiment allow to project an effective working element in a high-tech continuous mixing machine (Lia, H., Thompsona, M., O'Donnellb, K., 2014).

The research methodology is based on the information technologies of designing of processes of elastic-viscous-plastic deformation of thixotropic dispersed materials using modern computer technologies.

## EXPOSITION

We conducted studies on the effect of the distance between the cams and the speed of rotation of the working element on the kneading process of yeast dough. The distance between the cam working elements was changed from 2 mm to 10 mm (2-4-6-8-10 mm), the rotation speed was changed in the range from 20 rpm to 100 rpm (20-40-60-80-100 rpm). Simulation modeling of the kneading process was performed in the Flow Vision software package.

Based on the results, after parametric modeling of the kneading process by the cam working elements, a linear dependence of the speed of movement of the dough in the working chamber was obtained (Fig. 1).

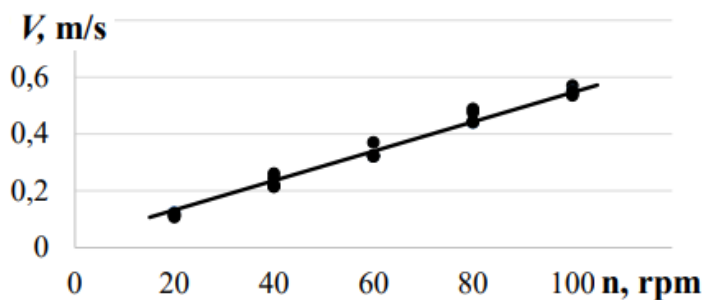


Fig. 1. Variation of mixing speed, depending on the distance between the cams and the speed of rotation of the working element.

It has been investigated that with increasing the speed of the working element, the speed of movement of the dough in the mixing chamber increases, under these conditions of the mixing process the distance between the cam working elements does not affect the speed of mixing.

The change in the mixing speed [ $V = \text{m/s}$ ], depending on the distance between the cams and the speed of rotation of the working element, is determined by the mathematical formula:

$$V = 0,005n + 0,03, [\text{m/s}]$$

The simulation data on the change in pressure in the mixing chamber were analyzed, which made it possible to obtain the dependence of the pressure on the rotation speed of the working element and the different distance between the cams (Fig. 2).

It was found that with increasing the speed of the working element, the pressure in the mixing chamber increases. The maximum pressure values are 16560 PA at a distance between cam working elements of 2 mm and a rotational speed of 100 rpm, a minimum of 555 PA at a distance between cam working elements of 10 mm and a rotation frequency

The change in pressure [ $P = \text{Pa}$ ] in the mixing chamber, depending on the distance between the cams and the speed of rotation of the working element is of a power character and is described by the formula:

$$P = (73 - 6,9S)n^{0,03S + 1,14}, [\text{Pa}]$$

where,  $S$  is the distance between the cam working elements, mm;  $n$  is the speed of rotation of the working element, rpm.

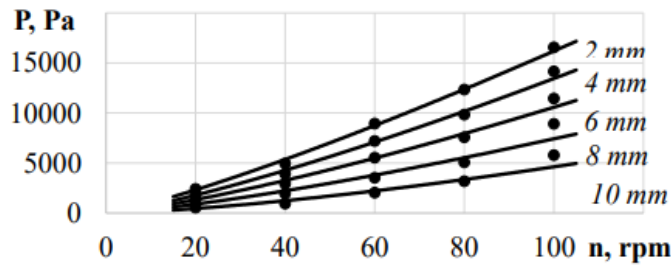


Fig. 2. Changing the pressure in the mixing chamber, depending on the distance between the cams and the speed of rotation of the working element.

Based on the obtained results, a graph of viscosity change in the mixing chamber was constructed, depending on the distance between the cams and the rotation speed of the working element (Fig. 3).

The parts of the kneading chamber that achieve the lowest viscosity are considered to be most effective during mixing. Increasing the rotation speed of the working element leads to an increase in the speed of movement of the dough in the work chamber, which in turn leads to a decrease in the viscosity of the dough and a decrease in energy costs during the kneading process.

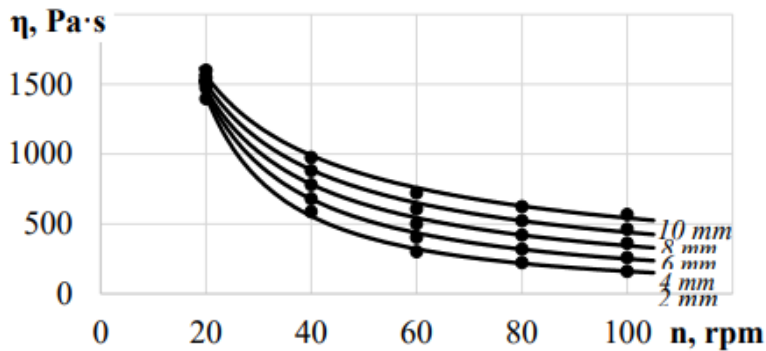


Fig. 3. The viscosity change in the kneading chamber, depending on the distance between the cams and the rotation speed of the working element.

It has been investigated that with increasing rotation speed, the viscosity of the dough  $[\eta = \text{Pa} \cdot \text{s}]$  decreases in the kneading chamber. The decrease in viscosity is also affected by the reduction of the distance between the cam working elements, as the distance between the cams during the kneading process will decrease the viscosity of the dough.

The mathematically obtained dependence is described as:

$$\eta = (201431 \cdot S^{-1.4})n^{0.09S - 1.4}, [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

where,  $S$  is the distance between the cam working elements, mm;  $n$  is the speed of rotation of the working element, rpm.

Thus, a simulation parametric model of the yeast dough kneading process allowed us to study in detail the processes occurring in the dough mixing chamber, the dependence of the flow motion on the design and configuration of the cam working elements, and the rotational speed.

## CONCLUSION

The dissipation distribution in the kneading chamber and the temperature change during the kneading process were investigated. At a rotation speed of the working element of 60 rpm, the temperature of the yeast dough rises to 5 °C, which is acceptable during kneading of the dough.

Mixing speed, dough viscosity, and mixing chamber pressure were investigated. With increasing rotation speed of the working element, the speed of mixing the dough in the mixing chamber increases. Increasing the rotational speed from 20 rpm to 100 rpm increases the pressure in the kneading chamber and reduces the viscosity of the yeast dough.

## REFERENCES

Hackenberga S., Vogelb C., Scherfb K.A., Jeklea M., Beckera T. (2019). Impact of altered starch functionality on wheat dough microstructure and its elongation behavior. *Food Chemistry*, 290, 64–71.

Tozattia P., Hopkinsa E.J., Briggsb C., Huclb P., Nickerson M. (2019). Effect of chemical oxidizers and enzymatic treatments on the rheology of dough prepared from five different wheat cultivars. *Journal of Cereal Science*, 90, 24–35.

Lamrinia B., Della G., Treleac T., Perrotc N., Trystram G. (2012). A new method for dynamic modelling of bread dough kneading based on artificial neural network. *Food Control*, 600, 512–524.

Lial H., Thompsona M., O'Donnellb K. (2014). Understanding wet granulation in the kneading block of twin screw extruders. *Chemical Engineering Science*, 113, 11–21

Schittnyab A., Ogawac H., Huwylera J., Puchkova M. (2018). A combined mathematical model linking the formation of amorphous solid dispersions with hot-melt-extrusion process parameters. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 250, 127–145

Sadot M., Cheio J. Le-Bail A. (2017). Impact on dough aeration of pressure change during mixing. *Journal of Food Engineering*, 195, 150–157