

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий Інженерно-технічний
інститут ім.акад. І.С. Гулого

Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій
проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2024_р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2024_р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв
на тему Дослідження процесу приготування та оброблення тіста з метою
створення змішувальнобродильноформуваального агрегату з тунельною піччю
шириною поду 0.6 м

Виконав: здобувач II курсу, ЗОХ-2-2М групи Голодний Андрій Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

Керівник Олішевський Валентин Вікторович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Теличкун Ю.С _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП

Микола ЯКИМЧУК

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

«_____» _____ 2024_ року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Голодного Андрія Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу приготування та оброблення тіста з метою створення змішувальнобродильноформуального агрегату з тунельною піччю шириною поду 0.6 м

керівник роботи Олішевський Валентин Вікторович, доц., к.т.н

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «1» жовтня 2024 р. № 860-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна, наукова та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): анотація, зміст; вступ, Аналіз процесу змішування та оброблення тіста та огляд сучасного обладнання для виробництва батоноподібних виробів, методика досліджень та опис експериментальних установок, Експериментальні дослідження процесів виробництва батоноподібних виробів, Практичне застосування результатів досліджень. охорона праці, охорона довкілля; висновки, список використаних літературних джерел,

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Загальний вигляд обладнання – 2 аркуші; Розрізи – 1 аркуш; 3-Д проєкція ЗБФА – 1 аркуш., Технологічна карта збирання робочого органу – 1 аркуш

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 05.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст;</i>	10.09.2024	виконано
2	Аналіз процесу замішування та оброблення тіста та огляд сучасного обладнання для виробництва батоноподібних виробів	08.10.2022	виконано
3	Методика досліджень та опис експериментальних установок.	15.09.2022	виконано
5	Практичне застосування результатів досліджень	20.10.2022	виконано
6	Охорона праці	23.10.2024	виконано
7	Охорона довкілля	25.10.2024	виконано
8	<i>Висновки,</i>	28.10.2024	виконано
9	<i>Графічна частина</i>	30.11.2024	виконано
10	<i>Подача ДП на кафедру</i>	02.12.2024	виконано

Здобувач

_____ (підпис)

Андрій ГОЛОДНИЙ

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Валентин ОЛІЩЕВСЬКИЙ

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ВСТУП	9
1. Аналіз процесу замішування та оброблення тіста та огляд сучасного обладнання для виробництва батоноподібних виробів	11
1.1 Процес замішування, теорія та стадії процесу	11
1.2. Оброблення тістових заготовок із пшеничного тіста	21
1.3 Сучасні конструкції тістомісильних машин безперервної дії, які використовуються в Україні та за кордоном	23
1.4. Механізовані лінії для виробництва булочних виробів	24
2.Методика досліджень та опис експериментальних установок.....	35
2.1.Об'єкт досліджень.....	35
2.2.Опис експериментальних установок.....	35
2.3.Методика проведення експериментальних досліджень процесу екструдуювання дріжджового пшеничного тіста	37
2.4. Методика дослідження течії тіста в робочій камері в програмному комплексі FlowVision.....	37
3.Експериментальні дослідження процесів виробництва батоноподібних виробів	42
3.1 Імітаційне моделювання замісу тіста робочими органами у робочій камері в програмному комплексі Flow Vision.	42
3.2.Дослідження процесу екструзії газонаповненого пшеничного тіста	
3.2.1. Вплив величини надлишкового тиску на середню швидкість екструдуювання.....	45
3.2.2. Зміна діаметру сформованого тістового джгута та коефіцієнта розширення від газонаповненості тіста	48
3.2.3. Визначення впливу форми формувального каналу на параметри тістового джгута	50

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський В.В	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Голодний А.І	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	20-1999.МР.01.000.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 3/98

4.Практичне застосування результатів досліджень	54
4.1. Соціальне-економічне обґрунтування розробки.....	54
4.2. Розроблення конструкції змішувальнобродильноформуального агрегату.	57
4.3. Розрахункова частина	60
4.3.1. Розрахунок продуктивності змішувальнобродильноформуального агрегату.....	60
4.3.2. Розрахунок геометричних параметрів агрегату	63
4.3.3. Міцнісні розрахунки апарату	65
4.3.4. Розрахунки шнеків	65
4.3.5. Розрахунки підшипників	67
4.3.6. Підбір мотор-редуктора та кінематичний розрахунок приводу.....	68
4.3.7. Розрахунок відкритої прямозубої циліндричної передачі	72
4.3.8. Підбір гідроциліндрів для формуального механізму	77
4.4. Вибір конструкційних матеріалів.....	78
4.5. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання ЗБФА.....	80
5. Охорона праці	85
6. Охорона довкілля	92
Висновки	97
Список використаних джерел	99
Додатки	

Анотація

Виробництво батоноподібних булочних виробів пов'язане з використанням різнопланового та різнопрофільного обладнання для механізації процесів оброблення та транспортування тістових заготовок між різними видами обладнання.

Мета: Розробити комплекс обладнання для виробництва булочних виробів, конструкцію агрегату для здійснення операцій інтенсивного замішування тіста безперервним способом та механізувати процес оброблення тістових заготовок.

Об'єктом дослідження є процес замішування та екструзії пшеничного тіста та обладнання для його здійснення.

Встановлено, що процес замішування найбільш ефективно організувати безперервним способом із застосуванням кулачкових робочих органів інтенсивної дії.

Нами створена тривимірна модель камери тістомісильної машини з кулачковими робочими органами та промодельовано процес замішування тіста в програмному комплексі FlowVision.

Процес екструдуювання газонаповненого тіста досліджено на експериментальній лабораторній установці.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень нами розроблено комплекс обладнання для багетів, який включає тістомісильну машину безперервної дії, яка забезпечує тристадійний режим приготування, камеру для бродіння та вузол формування з дозувальними елементами

Розроблена конструкція змішувальнобродильноформуального агрегату дозволяє поєднати в одному агрегаті безперервної дії декількох технологічних операцій, а саме: замішування, виброджування, дозування, формування та розпушення в одному агрегаті. Це забезпечує скорочення машинно-апаратної схеми, і, відповідно, виробничих площ лінії, скорочуються витрати на експлуатацію обладнання. Впровадження агрегату

дозволяє зменшити втрати на бродіння та збільшити вихід виробів, крім того, за рахунок зменшення кількості обладнання – зменшується і кількість приводів та використання кількості електроенергії.

В кваліфікаційній роботі представлені також розділи з охорони праці, охорони довкілля, маркетингове обґрунтування впровадження нового обладнання.

Ключові слова: тістомісильної машини, кулачкових робочих органів, екструдювання, змішувальнобродильноформувальний агрегат

Annotation

The production of loaf-like bakery products is associated with the use of various and multi-purpose equipment for the mechanization of the processing and transportation of dough blanks between different types of equipment. It has been established that the kneading process is most effectively organized in a continuous manner with the use of cam working bodies of intensive action. 1. Аналіз процесу приготування тіста та огляд існуючого обладнання для виробництва багетів і батонів.

Purpose: To develop a complex of equipment for the production of bakery products, the construction of a unit for carrying out operations of intensive dough kneading in a continuous way and to mechanize the process of processing dough blanks.

The object of research is the process of kneading and extrusion of wheat dough and equipment for its implementation.

We have created a three-dimensional model of the dough mixer chamber with cam working bodies and modeled the dough kneading process in the FlowVision software complex.

The gas-filled dough extrusion process was investigated on an experimental laboratory setup.

On the basis of theoretical and experimental research, we have developed a set of equipment for baguettes, which includes a continuous kneading machine that provides a three-stage cooking mode, a fermentation chamber and a forming unit with dosing elements.

The developed design of the mixing-fermenting-forming unit allows you to combine several technological operations in one unit of continuous action, namely: kneading, fermentation, dosing, forming and loosening in one unit. This ensures a reduction of the machinery and equipment scheme, and, accordingly, of the production areas of the line, the costs of operating the equipment are reduced. The introduction of the unit makes it possible to reduce fermentation losses and

increase the output of products, in addition, due to the reduction of the number of equipment, the number of drives and the use of electricity are also reduced.

The qualification work also presents sections on labor protection, environmental protection, marketing justification for the introduction of new equipment.

Key words: dough mixer, cam working bodies, extrusion, mixing, fermenting and forming unit

ВСТУП

Одна з глобальних проблем суспільного розвитку – задоволення потреб населення у продуктах харчування за науково обґрунтованими фізіологічними нормами, що забезпечує відтворення його життєдіяльності, активну участь в економічному і соціальному розвитку суспільства. Особливу роль у вирішенні продовольчої проблеми відіграє харчова промисловість, яка є завершальною ланкою виробництва кінцевих продовольчих товарів.

Найпоширенішим і масовим виробництвом у харчовій промисловості є хлібопечення. Хлібопечення – виробництво (випікання) хліба та хлібобулочних виробів. Хліб та хлібобулочні вироби – харчові продукти, що випікають із борошна, води, дріжджів, солі та іншої сировини, необхідної для їх виготовлення і дозволеної для хлібопечення у встановленому порядку.

Одна з особливостей хлібопекарної галузі харчової промисловості – умовно постійний попит на продукцію, яку виробляють. Це пов'язано з історично сформованою специфікою харчування населення України, адже хліб для нас є обов'язковим складником харчування, не доповненням до їжі, а основним продуктом.

Протягом останнього часу загострюються питання здорового способу життя й споживання лише природних харчових продуктів, і, як результат, виникає необхідність розроблення нових, раніше навіть не відомих нашим споживачам видів продукції, зокрема низькокалорійного хліба, хліба з борошна грубого помолу, хліба з висівками тощо. Зростання асортименту хлібобулочної продукції потребує збільшення й розширення номенклатури сировини, необхідної для його підтримання.

В даному напрямку перспективним буде застосування нових тістомісильних та формувальних машин з більш інтенсивним механічним впливом на тісто. Застосування таких машин, в лініях по виробництву хлібобулочних виробів, зробить їх більш компактними та дозволяє

комплексно механізувати і автоматизувати процес приготування тіста, а ще дасть можливість регулювання інтенсивності замісу і часу бродіння, залежно від властивостей борошна.

За інтенсивного впливу на тісто, можна негативно вплинути на активність мікроорганізмів. Тому обґрунтування конструкцій тістомісильних машин безперервної дії та їх параметрів роботи, мають базуватися на поглиблених знаннях характеристик оброблюваних сумішей та допустимого впливу на них.

1. Аналіз процесу замішування та оброблення тіста та огляд сучасного обладнання для виробництва батоноподібних виробів

1.1 Процес замішування, теорія та стадії процесу

В останні роки набувають розвитку сучасні технології тістоготування, які передбачають інтенсифікацію процесу замішування тіста, підвищення продуктивності тістомісильних машин, розроблення та вдосконалення обладнання безперервної потокової дії, підвищення та стабілізація якості виготовленої продукції та рентабельності хлібопекарського виробництва в цілому.

Інтенсивне механічне оброблення тіста під час замішування є найбільш із результативних методів оптимізації процесу замішування тіста та в подальшому впливає на процес бродіння є достатнім для отримання високоякісних характеристик тіста, дозволяє регулювати зміну його структурно-механічних характеристик та покращить структуру пористості готової хлібопекарської продукції.

Тривалість процесу виготовлення хлібних виробів складає 6-8 годин. Сучасні дослідження в галузі хлібопекарської промисловості присвячені інтенсифікації процесу виробництва та створенню сучасних ресурсозберігаючих виробництв. Важливе місце в цьому процесі займають питання інтенсифікації процесу замішування тіста. Зменшення тривалості приготування тіста можливо досягти біохімічними способами (синтетичні добавки), інтенсифікації процесу бродіння тіста стимулюванням процесів біохімічних реакцій в тісті, та шляхом комбінації з механічними методами впливу на тісто.

У цілому такими методами неможливо досягнути суттєвих зрушень в цьому питанні та високих показників якості готової продукції. Створення нового покоління тістомісильних машин безперервної дії з інтенсивним процесом замішування дозволить вирішити питання стабілізації якості

готової продукції та впровадження ресурсощадних технологій виробництва хлібобулочних виробів.

Замішування пшеничного тіста - є однією з найважливіших технологічних стадій процесу приготування хлібобулочних виробів, від здійснення якої в значній мірі залежить подальше протікання технологічного процесу та якість готових виробів в цілому. Під час замішування з борошна, води, сольового розчину, дріжджової суспензії та інших компонентів отримують однорідну масу з відповідними структурно-механічними властивостями, для успішного перебігу подальших стадій технологічного процесу, а саме: бродіння, оброблення вистоювання та випікання.

Посилене механічне оброблення тіста під час замішування - є одним із ефективних методів інтенсифікації процесу приготування тіста, що дає змогу вплинути на його структуру та якість готових виробів .

Відповідно до сучасних уявлень про механізм процесу замішування, розглядаємо три стадії процесу.

Перша стадія процесу замішування тіста - механічне перемішування компонентів з метою їх рівномірного розподілу. В цілому цю стадію можливо розглядати як механічний процес утворення рівномірної суміші вихідних компонентів тіста (сипких та рідких), досягнення рівномірної концентрації складових у всьому об'єму суміші.

Відповідно, висока інтенсивність перемішування на першій стадії дозволяє досягти ефекту рівномірного перемішування вихідних рецептурних компонентів: сольового розчину, дріжджової суспензії, борошна, води, та інших рецептурних добавок. Під час першої стадії витрати енергії мінімальні, але забезпечується створення однорідної суміші з доволі рівномірним розподілом за об'ємом концентрації твердих компонентів у рідкій фазі. Враховуючи те, що найефективніше змішуються сипкі тверді речовини та рідини на поверхні контакту фаз.

Однак, досягнутий рівномірний стан суміші досить нестійкий. Якщо інтенсивність перемішування на першій стадії замішування тіста невелика, то технологічна операція буде супроводжуватися швидким збільшенням когезиційних процесів, та призведе до осмотичного набрякання частин борошна, що гальмує процес рівномірного розподілу компонентів тіста. Цей ефект пояснюється зміною сили тертя між твердими частинками борошна та появи вихрового характеру руху частинок, компонентів тіста, що в свою чергу впливає на збільшення енергетичних витрат на першій стадії замішування тіста. Одночасно відбувається поглинання рідини твердими частинками, збільшується кількість вологи між частинками та підвищується вологість вихідних рецептурних компонентів. Дифузійні процеси між компонентами суміші, спочатку неоднорідної системи, сприяють виникненню незворотних процесів на поверхні контакту вихідних компонентів.

Дифузія між компонентами суміші та зміна їх характеристик в зоні суміжного шару сприяє процесу перемішування маси і отримання стабільних параметрів утвореної маси. Деякі автори відзначають вплив аерації системи на збільшення швидкості обмінних процесів, що, на їх думку, в цілому відображається на насиченні повітрям розчинної фази тістових компонентів, та, одночасно, сприятливо позначається на нормалізації газопроникності й газообміну в середовищі тіста. Насичення тіста повітрям, як каталізатора процесу окислювання, що проходить відразу за місильним органом, та сприяє турбулізації потоку суміші, забезпечуючи специфічний стан компонентів змішування.

На першій стадії замішування тіста характеризуємо як період активних сорбційних процесів. Зміна агрегатних станів солі, дріжджів, борошна, рецептурних добавок, води й повітря приводить до якісної зміни цих речовин. Взаємодія адсорбцією відбувається у всьому об'ємі, який перемішується. Більш активно адсорбційні процеси проходять на поверхні

суміші. За повільного перемішування виникають десорбційні процеси, які супроводжують поділ компонентів.

Схема процесів, які відбуваються під час процесу замішування (рис. 1.1), перша стадія замішування свідчить про початок формування необхідної структури тіста з заданими властивостями. Під час взаємодії місильного органу, з сумішшю, відбувається перебіг ряду специфічних процесів. Тому вирішальну роль на цій стадії відіграють фізичні, біохімічні, мікробіологічні та колоїдні реакції, що відбуваються в тістовій масі, в залежності від типу робочого органу, який використовується. Інтенсивність мікробіологічних процесів визначається активністю кислотоутворювальних бактерій борошна та дріжджів. Але на першій стадії замішування тіста вони не мають істотного впливу на хід процесу. Дослідженнями встановлено, що на цій стадії борошно та вода зв'язується адсорбційно. Частинки взаємодіють у повному об'ємі, а не тільки на поверхні. Набрякання - це екзотермічний процес. Під час замішування тістова маса захоплює й утримує (процес оклюзії) бульбашки повітря. Частково у вигляді емульсії газу в рідкій фазі, частково - в набряклих білках борошна в вигляді газових пухирців. Поглинання збільшеного об'єму води активує дію ферментів, що в цілому супроводжує процеси набрякання та пептизації білків з розрідженням суміші.

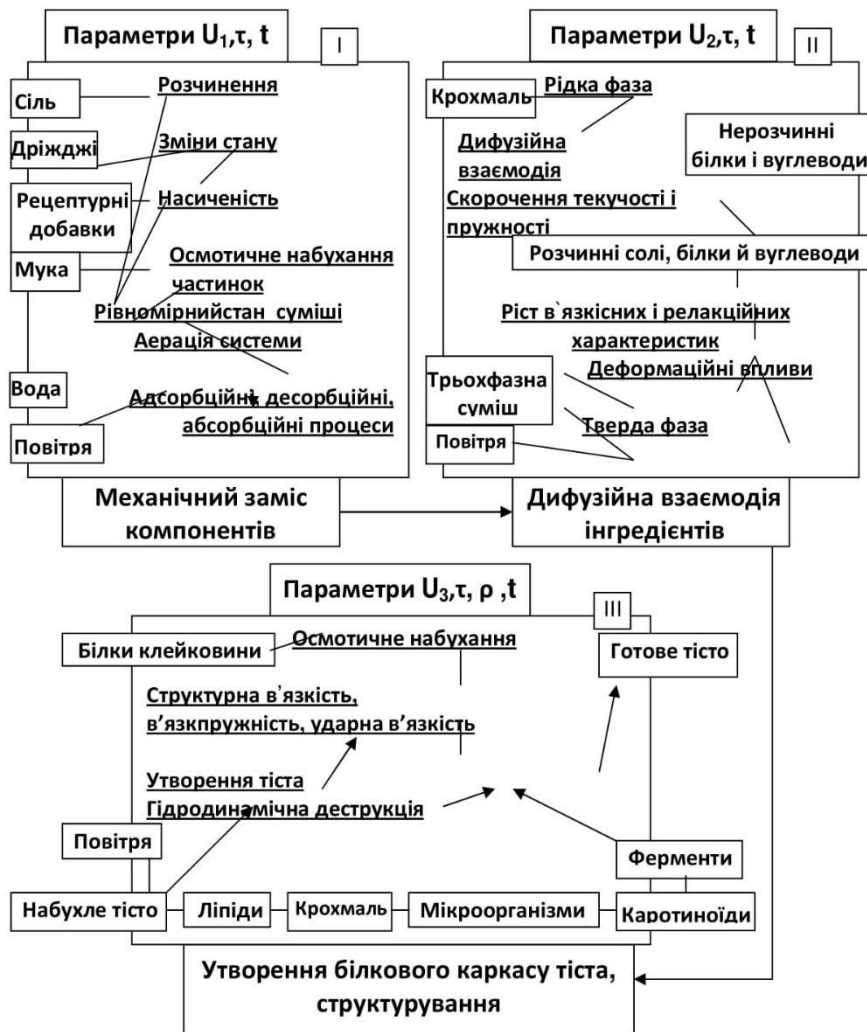


Рис. 1.1. – Структурна схема тристадійної моделі замішування тістової маси: I - механічне змішування рецептурних компонентів тіста; II - дифузна взаємодія компонентів; III - структуроутворення, утворення клейковинного білкового каркасу.

Присутність сольового розчину змінює активність життєдіяльності дріжджів та впливає на фізичні властивості клейковини суміші, що в подальшому впливає і на смакові характеристики хлібних виробів. Таким чином, внесення солі в опару та тісто є технологічно доцільним. За рахунок внесення солі зменшується піноутворення, спочатку збільшується а потім стабілізується піднімальна сила дріжджів.

Одержання тіста з необхідними фізичними властивостями визначається рецептурними добавки. Специфічність різних видів хлібобулочної продукції визначається рецептурою. Велику роль у формуванні структури тіста відіграють цукор і жир. Цукор впливає на поглинання води білковими складовими борошна. Ці властивості важливі напочатку формування структури тіста. Вміст цукру також впливає на швидкість набрякання крохмалю й білків борошна. Тому цукор, завдяки цим властивостям є добрим пластифікатором. Жири, що додається в тісто за рецептурою, визначає всмоктування води колоїдами борошна. Взаємодіючи з крохмалем і білками, жири ускладнюють доступ рідкої фази до колоїдних часток, що забезпечує збільшення пластичності й зменшення пружності.

Тісто в кінці першої стадії процесу замішування охарактеризується як складна дисперсна система. Ефективність першої стадії оцінюється ступенем однорідності отриманої тістової маси. Разом з тим коротка тривалість першої стадії не дозволяє компонентам утворити стійкі реакції.

Особливості проходження другої стадії процесу замішування тіста.

Під час другої стадії закінчується дифузійна взаємодія сухих компонентів з рідиною, рівномірність перемішування й утворення властивостей тіста. На початку другої стадії тісто є трифазним середовищем: рідкої, твердої й газоподібної фаз. Тверда фаза на цьому етапі складається з крохмалю, розчинених солі, білків і вуглеводів, нерозчинних білків і вуглеводів. Такий розподіл визначається характером взаємодії з рідиною та реакцією впливу місильного органу. На завершення другої стадії замішування – набрякле тісто з включеннями повітря.

Друга стадія замішування зумовлюється характерною взаємодією складових компонентів: на першому етапі рідка та тверда фази взаємодіють між собою за типом гідролітичних реакцій. Такі реакції зумовлені гідрофільними та гідрофобними видами зв'язків, які посилюють збільшення

когезійних і адгезійних властивостей тіста. В цьому випадку взаємодія часток борошна з водою сприяє збільшенню об'єму набряклої маси та на даному етапі є, безумовно, позитивним ефектом.

На другій стадії відбувається вирівнювання концентрації компонентів до однорідного рівня у всьому об'ємі тістової маси, яка перемішується. Прискорення дифузійних процесів відбувається і за рахунок деформаційних впливів, які виникають в результаті контакту тістової маси з робочим органом тістомісильної машини. Сорбційні процеси зумовлюють гідратацію розчинних складових, для яких характерний абсорбційний тип реакцій. Адсорбційна взаємодія властива для нерозчинних інгредієнтів. Для крохмалю типове хемосорбційне з'єднання. Крім того, відбувається збільшення в'язкості та релаксаційних характеристик, зменшення течії та структура, що утворилася характеризується відсутністю стискуваності маси.

Деформаційні процеси від впливу робочого органу на цьому етапі здійснюються завдяки зсуву, стисканню та розтягуванню тістової маси, що приводить до збільшення енергоспоживання в зв'язку з збільшенням в'язких та пружних характеристик маси, внутрішнього тертя між структури об'єму тіста, яке перемішується. Об'єм суміші збільшується за рахунок розчинних інгредієнтів та утворення клейковинного скелету. Вода в результаті дифузії потрапляє всередину часток борошна, які осмотично набухають без виділення тепла. Збільшення об'єму відбувається за рахунок процесу змочування та поглинання рідкої фракції, розподіляється в такий спосіб між білками борошна: глобулін, альбумін поглинають без обмежень, глютерин і глегадин можуть поглинати до 200 %. Особливістю білків клейковини борошна є велика розбіжність у молекулярній масі та різною здатністю до водопоглинання.

На даному етапі сіль перебуває у розчинному стані. Наявність солі в тісті впливає на процес замішування та на витрати енергії, а також на консистенцію тіста стабільність структурно-механічних властивостей тіста.

Консистенція тістової маси залежить від концентрації солі на даний момент. Під впливом солі відбувається збільшення еластичності тіста, що стає граничним на даному етапі. Її максимальне збільшення визначається кількістю солі, яка віддозована в тісто. Білки та вуглеводи, які нерозчинні у воді, утворюють клейковину (глютеїн і гліадин). Під час замішування тіста вказані інгредієнти приєднують рідину на поверхні та осмотично. Внаслідок дифузії води відбувається осмотичне набрякання молекул білків борошна. За рахунок реакції гідратації відбувається набрякання білків. Клейковина набрякає й утримує рідку фазу тіста в об'ємі, що перевищує первинний у 2-2,5 рази.

На другій стадії тісто - це дисперсна система, яка утворена твердою, рідкою та газоподібною фазами. В залежності від співвідношення цих складових визначаються фізичні властивості маси. Тверда фаза - це набряклі нерозчинні у воді білки, зерна крохмалю та частинки оболонок, які в подальшому надають тісту пластичності. Складовими рідкої фази є вода, що не зв'язана адсорбційно, водорозчинні компоненти органічного та мінерального походження, набряклі пентозани борошна та вільна в'язка рідина. Загальна кількість рідких компонентів в цей період може досягти 47 % об'єму тістової маси. Білки зв'язують основну частину рідкої фази тіста осмотично. Газоподібна фаза - пухирці повітря, які захоплені та утримуються тістом, пухирців вуглекислого газу, який виділяється дріжджами в процесі бродіння, наближено 10 % загального об'єму. Вуглекислий газ відіграє визначальну роль у формуванні пористості м'якучки хліба, основна частина газу, який формує пористість тіста міститься у білках тіста (оклюдується), та емульсія газу в рідкій фазі тіста. Цим другим етапом процесу замішування тісто закінчується, але дуже важливою стадією для підвищення якості тіста необхідна третя стадія - пластифікації.

Пластифікація тіста — заключна третя стадія замішування тістової маси. Третя стадія замішування характеризується структуроутворенням, створенням білкового остову тіста, виникненням і розвитком газотримувальної та формотримувальної здатності пшеничного тіста.

На третій стадії замішування тіста тістова маса піддається підвищеному механічному обробленню, забезпечується інтенсивне захоплення повітря всім об'ємом тістової маси. Ці околюзійні процеси подібні абсорбційним. Проте захоплена газова суміш реагує з тістовою масою та повністю поглинається нею. Оклюдоване повітря, в основному - кисень, пришвидшує окислювальні процеси в тісті. Газова фаза поглинається структурними компонентами тіста та створює інтермолярні зв'язки, які визначають появу молекул гігантів, що забезпечується ростом концентрації полімерних зв'язків завдяки структурі складових компонентів.

Температура тіста підвищується на третій стадії. У результаті підвищення температури відбувається зміцнення структури тіста, що дозволяє отримати відповідну формотримувальну здатність тіста. Оскільки в тісті виникають композиції тістових елементів на третій стадії, які за властивостями відповідають готовому тісту, реологічні властивості тістової маси описуються ефективною в'язкістю. Інтенсивність впливу робочого органу тістомісильної машини багато в чому визначає структурно-механічні властивості тістової маси. Робота, яка витрачається на третій стадії, іде на подолання в'язкопружних властивостей, руйнування утворених з'єднань і надання напрямку переорієнтації білкових молекул у потоці місильного органу.

Інтенсивний механічний вплив на тісто на третій стадії необхідно для створення умов розпаду білкових макромолекул клейковини, клейковинного остову, появи клейковинних плівок та стабілізації структури тіста. Тут особливу роль мають технічні характеристики та параметри робочого

місильного органу. Для утворення рівномірної консистенції тіста необхідно забезпечити режим відривної течії робочого органу, в суміжному шарі з робочим органом відбуваються процеси розтягування - стискання та зсуву макромолекул. Швидкість проходження процесів пластифікації зумовлюється характером механічного впливу робочого органу та можливістю утворення нових білкових структур.

За рахунок пластифікації білків клейковини тіста утворюються губчатий "каркас" - остов, властивості якого визначають основні структурно-механічні характеристики тістової маси: розтяжимість, пружність та пластичність. На цьому етапі макромолекули клейковини тіста зазнають внутрішніх і зовнішніх змін. Молекули поліпептидів збільшуються в об'ємі, це стає причиною зміни форми та складу білкових молекул та появи клейковинних плівок. Це супроводжується посиленням процесів взаємодії у всьому об'ємі тіста. В підсумку утворюються молекули-гіганти, молярна маса яких до ста тисяч. Місця контакту колоїдних часток борошна визначають ліпіди, послабляючи їх взаємодію та зменшують інтенсивність процесу зволоження, що в значній мірі впливає на зменшення пружності, еластичності та збільшення пластичності тістової маси. Від якісного складу та об'єму ліпідів значно змінюється механізм та ефект процесу пластифікації. Під час інтенсивного процесу замішування часточки ліпідів рівномірно розподіляються у вигляді найтонших плівок в усьому об'ємі тіста, і це має істотний вплив на процес утворення рівномірної пористої структури тіста.

На третій стадії замішування працюють ферменти борошна, їх вплив здійснюється на компоненти тіста. Продукти, отриманих в результаті реакцій з дріжджами та кислотоутворювальними бактеріями. Вплив гідролітичних ферментів під час інтенсивного процесу замішування спрямований на зниження консистенції маси тіста, а за інтенсивністю впливу та швидкості реакцій вони інколи випереджають набрякання часток борошна. Тепло, що виділяється додатково посилює вплив ферментів. Пентозани

впливають на структурні компоненти борошна. Підсилює вплив ферментів і кислотність тіста. Ферменти, незважаючи на відносно незначну їх кількість в борошні, відіграють важливу роль у протіканні біохімічних процесів ас під час тістоготування.

Збільшення кількості мікроорганізмів та їх рівномірний розподіл в результаті інтенсивного замішування позначається наступному процесі бродіння накопиченні кислотності тіста, та структуроутворенні. Однак, на життєдіяльність мікроорганізмів має вплив кількість цукру та жиру в тісті. Процесибродіння, не завершуються процесом замішування, а тривають і під час бродіння тіста та вистоювання тістових заготовок.

Каротиноїди відіграють естетичну роль - вони надають м'якушці хлібобулочних виробів привабливий бурштиново-жовтий колір. Однак, в загальній масі борошна вони складають досить малу частку. В борошні вони присутні в такому складі: ксантофіл, ефіри ксантофілу, каротин. Частка ксантофілу - 90 %, частка його ефірів і каротину – кожна по 5 % каротиноїдних пігментів. Найактивніші з них є каротин, провітамін А.

Під час третьої стадії відбувається процес гідротермічної деструкції: розривання полісахаридних ланцюжків, утворення із крохмальних зерен загальної гелеоподібної драгледоподібної маси зі підвищеним поглинанням води. Крохмаль – це високомолекулярний полімер, який в своєму складі містить два типи полісахаридів: амілазу й амілопектин. Частка крохмалю в борошні складає чотири п'ятих сухої речовини. В крохмалі пшеничного борошна амілози - 24 % а амілопектину може бути до 76 % В результаті інтенсивного механічного впливу його структура змінюється, крохмальні зерна руйнуються та визначають основні характеристики готового тіста.

1.2. Оброблення тістових заготовок із пшеничного тіста

Стадія оброблення тіста з пшеничного дріжджового тіста складається із таких операцій технологічного процесу: ділення тіста на заготовки заданої

маси, надання заготовкам визначеної форми округлюванням та, за необхідності, заочучуванням, вистоюванням сформованих тістових заготовок під час якого відбувається бродіння для накопичення вуглекислого газу, збільшення об'єму тістових заготовок їх розпушення. Всі операції технологічного процесу здійснюються на різному за призначенням технологічному обладнанні. Виробництво виробів видовженої форми, батоноподібних, джгутоподібних, особливо які мають менший діаметр по відношенню до довжини, включає всі перераховані операції для отримання високої якості продукції. Такі вироби включають сухарні плити для сухариків невеликого діаметру, хлібні палички, багети, тощо.

Послідовність стадій технологічного процесу, із яких складається технологічний процес виробництва на прикладі батонів із пшеничного борошна, наведена на схемі рис. 1.2.

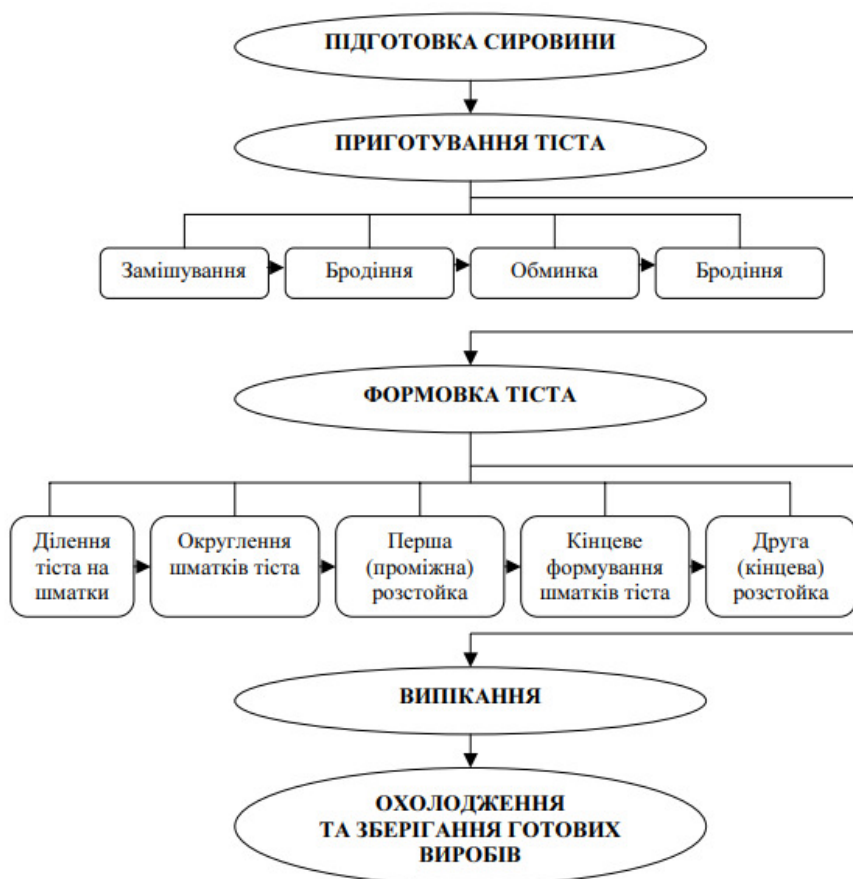


Рис. 1.2. - Стадії технологічного процесу приготування виробів видовженої форми

Серед існуючих методів формування надаємо перевагу екструзії – одному із найбільш ефективних методів формування, і його використання надає ряд переваг в порівнянні з іншими методами. Екструзія дозволяє організувати процес формування в безперервному режимі та за високої швидкості, що значно спрощує створення потоково-механізоване виробництво та автоматизувати виробництво. Процес екструзії та екструзійна техніка широко використовується в багатьох галузях промисловості, включаючи хімічну та харчову.

Екструдувannya використовували як спосіб формування, а маса після процесу підлягала подальшому опрацюванню: прокочуванню, калібруванню. Дослідження особливостей та закономірностей поведінки різних мас під час екструдувannya надало можливість перейти до застосування екструдувannya як кінцевого процесу формування. Для цього необхідно, дослідити властивості маси, для оброблення, та взаємозв'язок між властивостями маси та режимами екструдувannya, а також вплив вказаних параметрів на форму, розмір і структуру екструдату. Основні дослідження екструзійної техніки проводилися у вивченні пластмас. Попередні дослідження спрямовані на визначення конструктивних характеристик, нагнітальному органу, однак, зараз важливим під час вивчення екструдерів є дослідження формувальної головки, каналів як визначальних елементів у формуванні якості продукту.

Харчова промисловість екструдерну техніку використовує в багатьох галузях. Макаронна промисловість більшість виробів формує екструдуванням. Екструдерна техніка використовується також кондитерською промисловістю під час формування різноманітних корпусів цукерок із пралінових та інших мас. Відсаджувальні машини працюють як екструдери, використовуються під час виробництва пиріжків, сухих сніданків, кукурудзяних паличок, пончиків, хлібців, соломки й ін. Хлібопекарська промисловість використовує екструдерну техніку, як складову частину багатьох тістоподільників, та вони не використовуються для безпосереднього

формування, а як проміжний етап процесу. Проте застосування екструдерів тільки для формування виробів видовженої форми за традиційного ведення технологічного процесу, який вимагає обов'язкового процесу вистоювання для розпушення тістових заготовок та пов'язані складності механізації, та є неефективним.

Особливо ефективним в хлібопекарській промисловості є використання процесу екструзії, як методу формування, для виробництва виробів типу батонів, хлібних паличок та подібних. Однак, розроблені конструкції екструдерів не набули широкого розповсюдження в промисловості для формування виробів із пшеничного дріжджового тіста, насамперед через проблеми в здійсненні наступних стадій процесу оброблення тіста, і зокрема, вистоювання. За традиційного процесу виробництва оброблення включає багато операцій та використовує громіздке і багатопрофільне, металоемне обладнання.

В харчоконцентратній промисловості широко використовується гаряча екструзія для виготовлення сухих сніданків, кукурудзяних паличок інших виробів. Якості поверхні продукту має менше значення після гарячої екструзії.

1.3 Сучасні конструкції тістомісильних машин безперервної дії, які використовуються в Україні та за кордоном

Залежно від рецептурного складу, виду борошна, та особливостей технологічного процесу виробництва для замішування пшеничного тіста використовують різні типи тістомісильних машин з різною інтенсивністю механічного впливу на тісто. Якість тіста після замішування визначають, як правило, органолептично та за показниками якості готових виробів.

Серед вимог до тістомісильних машин висуваються наступні: оптимальна конфігурація місильного робочого органу та відповідну частоту обертання, для забезпечення інтенсивного замішування тістової маси за короткий термін. Частоту обертання робочого органу бажано регулювати в залежності від виду тіста, яке оброблюється.

Машини безперервної дії використовуються в хлібопекарській промисловості порівняно недавно. Перші такі машини були впроваджені в 1947 році під час організації потокового виробництва. Основними елементами тістомісильних машин безперервної дії є: робочі камери та місильні органи із застосуванням різних типів місильних елементів. В одній конструкції тістомісильної машини використовують робочі органи різних типів змішувачів. Як правило місильні камери циліндричної форми чи коритоподібні. Конструкції сучасних тістомісильних машин безперервної дії закордонного та вітчизняного виробництв, які використовуються в промисловості.

Тістомісильна машина Х-12 протягом тривалого час використовується в хлібопекарській промисловості України, вона відноситься до однокамерних тихохідних машин. Використовується для замішування як пшеничного так і житньо-пшеничного тіста, а також для замішування опари, продуктивністю до 20 т/добу. Машина застосовується на багатьох підприємствах через простоту конструкції та обслуговування.

Основними елементами машини є: (рис. 1.3.) напівциліндрична робоча камера 5, з розміщеним в центрі місильним валом 4, на якому за гвинтовою лінією закріплені лопаті 3. Зверху місильна камера закривається відкидною кришкою з блокувальним механізмом.

Борошно дозується в машину дозатором роторного типу безперервної дії через прямокутний патрубок 1, в якому встановлені два ємкісні датчики рівня для забезпечення постійного стовпа борошна над дозатором. Доатор, приводиться від головного валу тістомісильної машини кривошипно-шатунним механізмом та клиновим фрикційним храповиковим механізмом. Для попередження утворення склепінь перед дозатором встановлено зворушувач за типом білкового колеса.

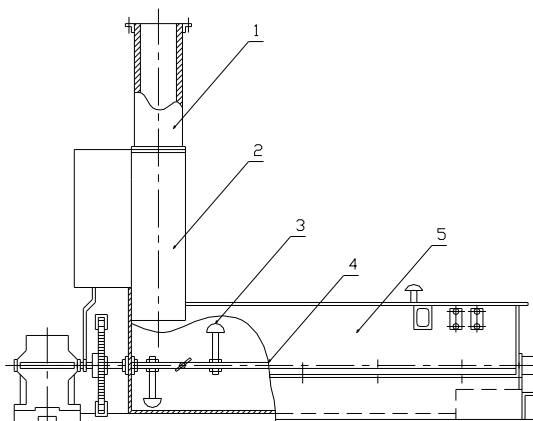


Рис. 1.3. Тихохідна тістомісильна машина безперервної дії Х-12:

1 - патрубок для борошна; 2 - роторний дозатор борошна; 3 - місильні лопатки; 4 - місильний вал; 5 – робоча місильна камера.

Машина працює від електродвигуна та циліндричного редуктора. На передній панелі управління розміщені крани дозаторів для рідких компонентів.

Всі компоненти безперервно та порційно малими дозами від дозаторів подаються в передню частину робочої камери 5, в якій встановлено поріг для запобігання руху рідких компонентів вздовж корита, перемішуються лопатками 3 (які закріплені за гвинтовою лінією під кутом до осі валу) та транспортуються вздовж корита. Тістова маса переміщується маси до патрубку вивантаження, перемішується та пластифікується.

Очищення тістомісильної машини після закінчення роботи здійснюється без розбирання, що не зовсім зручно. Машина не забезпечує інтенсивне замішування тіста, конструкція робочого органу цього не може забезпечити, через ненадійну роботу дозувальних систем допускаються значні коливання складу тіста. На машині відсутні пристрої для регулювання кількості обертів робочого валу та тривалості замішування тіста.

Максимальна кількість обертів місильного валу обмежується 48 об/хв, і, відповідно, інтенсивністю механічного впливу – зусиллям, що виникає в результаті тертя тістової маси по стінках місильної камери. Тому інтенсивність замішування неможливо підвищити шляхом збільшення кількості обертів місильного валу. Крім того, збільшення частоти обертання місильного валу може призвести до розкидання шматочків тіста. Для підвищення інтенсивності замішування можна подовжити місильне корито, вал та збільшити кількість лопаток.

Тістомісильна машина А2-ХТТ (рис. 1.4.). може використовуватися виключно для замішування пшеничного тіста, розроблена в УкрНДППродмаші. Замішування пшеничного тіста проходить послідовно в двох видимих місильних робочих органах одновальної системи, встановленої в робочій камері. На першому етапі перемішування виконується чотирлопатовими дисками 5, а потім — плоскими дисками 6 з гальмівними сегментами 8, встановленими на стінках камери. Робочий вал машини встановлено на двох підшипникових вузлах 10, які відокремлені від робочої камери з тістом та ущільнені. Вал тістомісильної машини обертається від двигуна-редуктора 1

через муфту 2. Роторний дозатор борошна приводиться в дію ексцентриком 3, важелів з храповою передачею.

Борошно дозується роторним дозатором впатрубку для подавання борошна, а рідкі компоненти - дозувальною станцією в робочу змішувальну камеру, та перемішуються чотирилопатеви́ми дисками і отримують імпульси для осьового зсуву. Потім тісто потрапляє в щілину між плоскими дисками та розміщеними на стінках гальмівними сегментами внаслідок постійних зсувних деформацій, це сприяє орієнтації та формуванню частинок клейковинного остова. Це дещо завчасно, проходить через 20—45 с від початку процесу, оскільки, відповідно до тристадійного процесу замішування це лише перша стадія – змішування компонентів, коли не відбулося ефективного змішування компонентів та їх рівномірного розподілу по всій масі, і не пройшов процес гідратації білкових речовин борошна, які не встигли поглинути вологу тістової маси по всьому перерізу часток. Готове тісто після замішування на виході з тістової камери намотується на вал, ножем знімається з нього та спрямовується в патрубок для вивантаження 12

В розглянутій конструкції інтенсивність замішування залежить від зусилля прилипання тістової маси до місильного диску, тому, в основному, визначається технологічними параметрами: вологістю, температурою та якістю борошна, кількістю та якістю клейковини борошна та не регулюється ніякими пристроями, тому машина немає можливостей для управління процесом.

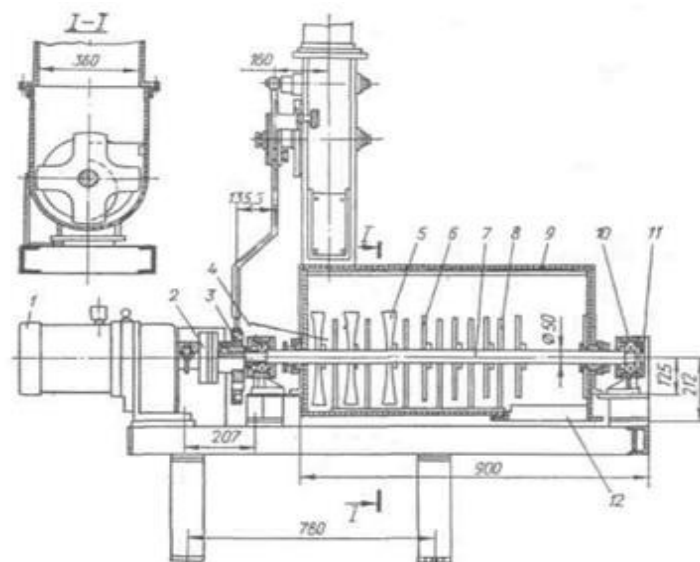


Рис. 1.4. Тістомісильна машина безперервної дії А2-ХТТ

1 — двигун-редуктор; 2 — муфта для з'єднання; 3 — ексцентрик для приведення дозатора; 4 — робоча місильна камера; 5 - чотирилопатеві диски;

6 — плоскі диски; 7 — місильний вал; 8 — гальмівні лопаті, прикріплені до стінок камери; 9 — кришка; 10 — підшипниковий вузол з ущільненням; 11 — станина;

Тістомісильна машина Double “Clam Shell” Barrels.

Безперервний комплекс Readco - це двухшнековий змішувальний комплекс з кулачковими робочими органами, який виконує функції одночасного змішування одного або декількох сипких матеріалів з відповідно одним або декількома рідкими інгредієнтами та утворення однорідної суміші на випускному патрубку пристрою.

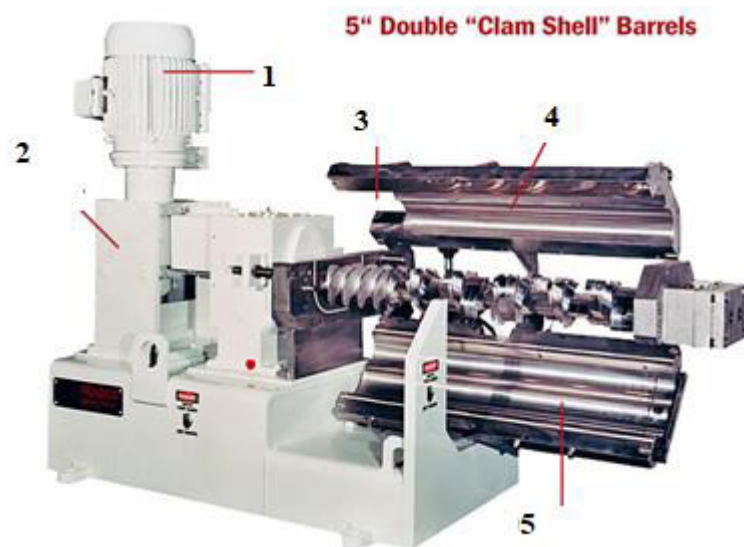


Рис .1.5. Змішувальний комплекс Double “Clam Shell” Barrels.

1 – двигун 20 HP; 2 – редуктор Right Angle Reducer; 3 – вхідний отвір; 4- верхній корпус; 5 – Нижня панель

Змішувальний комплекс Readco Continuous Processor може використовуватися для широкого кола процесів: змішування, розминання, кристалізацією.

Тістозмішувальний комплекс VMI (рис.1.6)

Сучасні тістозмішувальні комплекси безперервної дії, як правило, крім тістозмішувачів, включають обладнання для дозування сипких та рідких інгредієнтів, пристосування для регулювання температурного режиму та параметрів процесу замішування, Робочі органи тістомісильної машини забезпечують інтенсивний процес замішування пшеничного тіста. Тістозмішувальні комплекси добре адаптовані до виробничих циклів та забезпечують продуктивність кілька тон тіста на годину, поєднуючи і

впровадження однієї з ефективних технологій для всіх етапів виробництва хліба.

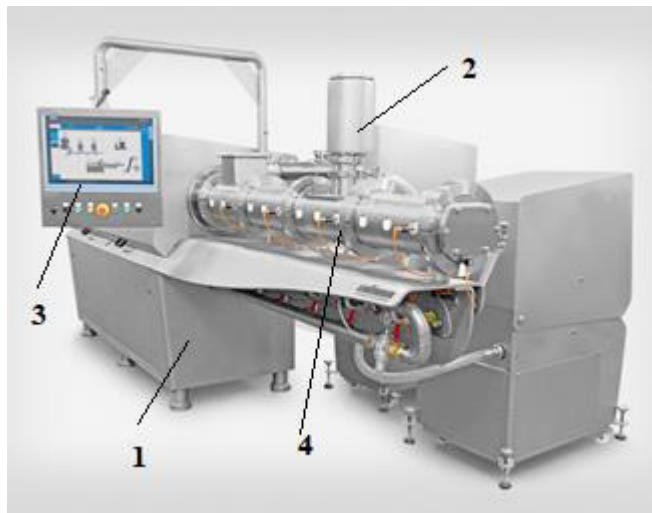


Рис. 1.6 Тістозмішувальний комплекс безперервної дії.

1 - станина; 2 – дозувальний комплекс; 3 – Пульти автоматизованого управління ; 4 - робоча камера з вимірювальною апаратурою.

Змішувальний комплекс Компанії Reading Bakery Systems (рис.1.7). Компанії Reading Bakery Systems – є світовим лідером в галузі технологій безперервного перемішування. Ці системи безперервного перемемішування Ехаст використовуються для виробництва печива, крекерів, піци, корму для домашніх тварин та хлібобулочних виробів. Комплекс включає обладнання для дозування дві камери замішування, в одній із яких встановлено два місильних вали зі шнековими та кулачковими робочими органами в спареній циліндричній камері. Камера легко розбирається для оступу до робочих органів. Камера легко закривається та герметизується. Через з'єднувальний патрубкок тістова маса подається в другу місильна камеру. Ця камера з одним місильним валом та робочими органами у вигляді пальців та штифтами, закріпленими на корпусі камери. Циліндрична камера також легко відкривається для очищення та герметично закривається. Вивантаження тістової маси здійснюється нижній частині другої камери та за допомогою транспортера передається на подальші стадії технологічного процесу

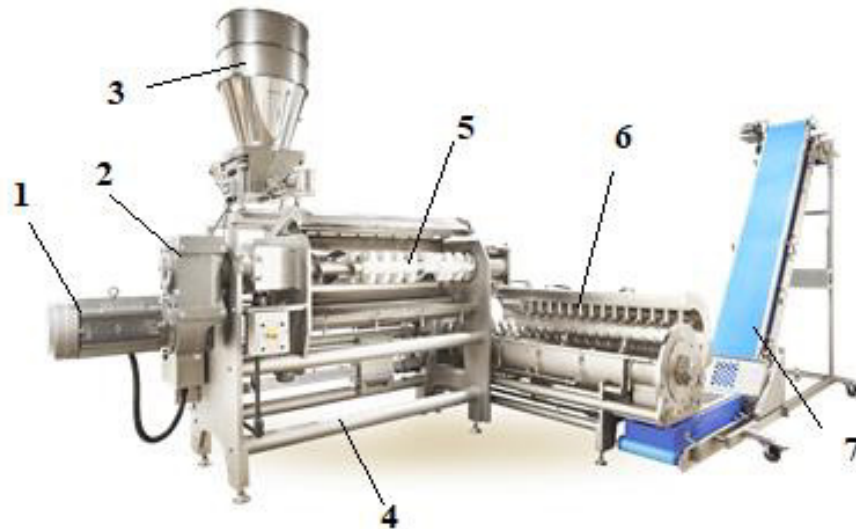


Рис. 1.7. Безперервний тістозмішувальний комплекс обладнання.

1 – двигун з частотним перетворювачем; 2 - редуктор; 3 – дозувальна апаратура; 4- корпус; 5 – двовальна камера змішування; 6 – камераостаточного змішування; 7 – конвейєр для відведення тіста з змішувальної камери.

1.4. Механізовані лінії для виробництва булочних виробів

Лінія «Гостол» (рис. 1.8) застосовується для оброблення та випікання булочних і батоноподібних виробів різної маси. Лінія включає тістоподільник «Соча» 1 (працює за об'ємним принципом) продуктивністю 800-2400 шт/год годину, машини для округлювання тістових заготовок «Саботин» 2 із зовнішнім рифленим конусом, шафи попереднього вистоювання для релаксації напружень в округленій тістовій заготовці 3 в якій для дезинфекції колисок встановлені для ультрафіолетові лампи та кондиціонером 4 для регулювання температурного режиму в камері, закатувальної машини «Випава-IV» 5.

Спеціальний механізм 6 вирівнює крок тістових заготовок та за допомогою якого заготовки укладаються в колиски шафи попереднього вистоювання.

Остаточне вистоювання відбувається протягом 33-42 хв в шафі остаточного вистоювання тістових заготовок 7. Для регулювання температури та вологості в шафу подається пара під тиском 0,03-0,05 МПа та

температурою 106 - 110 ° С. за необхідності тістові заготовки надрізаються змонтованим надрізчиком ТП-2,1 8. Випікання виробів здійснюється в печі з каналним циклотермічним обігріванням ТП 2,1 Х24 9 протягом 10 - 60 хв. в залежності від асортименту на сітчастому поду площею 50 м². Піч оснащена двома топковими пристроями, в першу зону подається пара для зволоження тістових заготовок. Після випікання гарячі вироби обприскуються водою пристроєм 10 та на транспортері готової продукції 11 подаються на охолодження і пакування.

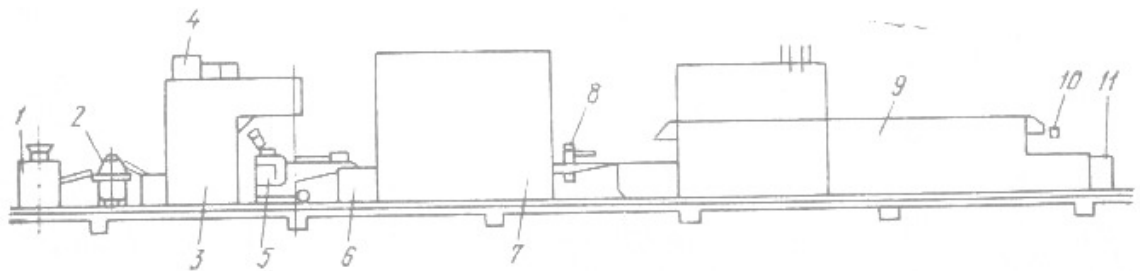


Рис. 1.8. Комплексно-механізована лінія для виробництва батоноподібних виробів «Гостол»

Лінія А2-ХЛП (рис.1.9) розроблена УкрНІПродмашем для виробництва механізації здобних і дрібноштучних булочних виробів масою до 100 г (рис. 1.9).

Лінія складається із тістоготувального та дозувального обладнання, діжеперекидача 1, подільно-округлювальної машини А2-ХЛ1-С9 2, формувальної машини тістових заготовок А2-ХАС 3, механізованого укладальника 4 тістових заготовок на листи, механізованого посадчика листів 5 до шафи вистоювання, конвеєрної шафи остаточного вистоювання 6, в лінії механізована і операція посадки листів на сітчастий під тунельної печі 8 шляхом встановлення посадчика 7. На кінцевому етапі передбачена установка 9 для орієнтації листів після випікання, машина 11 для очищення та змащення листів, підготовки до наступного циклу, для повернення листів до місця завантаження встановлено транспортер 12, накопичувач 13 та транспортер 10 для готових виробів.

Замішування тіста в лінії може здійснюватися в тістомісильних машинах періодичної дії з підкатними діжами, також до складу лінії включаються машини для піднімання та перекидання діж для перевантаження тіста в бункер подільно-округлювальної машини.

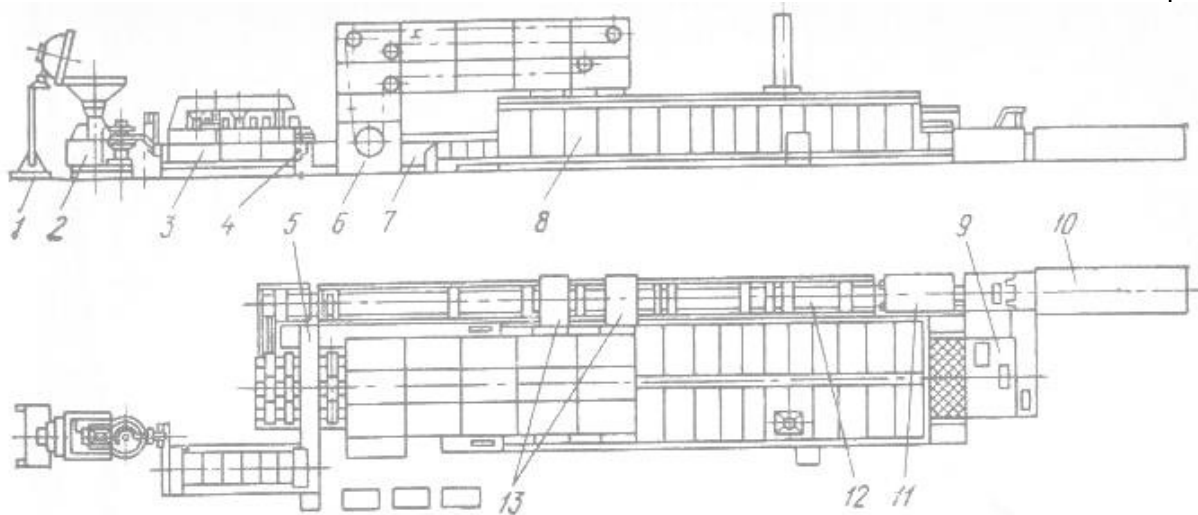


Рис. 1.9. Схема потоково-механізованої лінії А2-ХЛП для виробництва здобних дрібноштучних булочних виробів

Лінія А2-ХЛМ розроблена УкрНІПродмашем для виробництва здобних дрібноштучних булочних виробів масою 0,05-0,06 кг, в якій механізовані всі технологічні операції, від поділу тіста шматки до отримання готової продукції (рис. 1.9).

Із підкатної діжі тісто перекидається у воронку подільно-округлювального агрегату 1, далі тістові заготовки направляються транспортером спочатку в шафу попереднього вистоювання 3, потім в тістоформувальну машину, а далі укладальником 2, забезпечується періодичне подавання тістових заготовок, на транспортер формувальної машини 4. За допомогою транспортера-накопичувача заготовки подаються в конвеєрну шафу остаточного вистоювання 5. Заготовки після вистоювання спеціальним маніпулятором 6 викладаються на стрічковий під тунельної печі площею 25 м².

Готові булочки похилим лотком подаються транспортером, який подає їх в бункер укладальної машини 9, далі вони ланцюговим елеватором по

похилих спусках направляються до приймальних лотків. Щит 7 управління керує роботою всіх машин та механізмів лінії, який встановлений поруч з піччю.

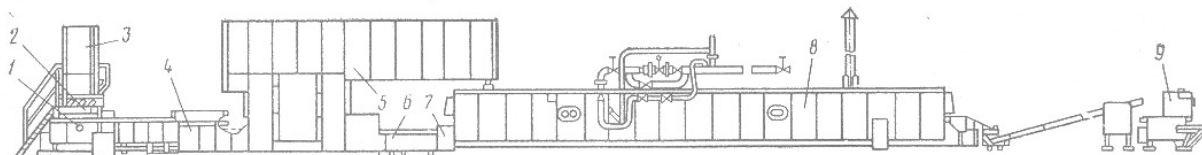


Рис. 1.10. Комплексно-механізована лінія А2-ХЛМ для виробництва булочних виробів

Висновки до розділу:

Виробництво батоноподібних булочних виробів пов'язане з використанням різнопланового та різнопрофільного обладнання для механізації процесів оброблення та транспортування тістових заготовок між різними видами обладнання. Процес замішування найбільш ефективно організувати безперервним способом із застосуванням робочих органів інтенсивної дії. Інтенсивність процесу замішування ґрунтується на детальному аналізі якісних перетворень. Найбільш ефективними є робочі органи кулачкового типу, які здійснюють оптимальний ошадливий вплив на тістову масу.

Під час розроблення тістомісильної машини безперервної дії для замішування тіста для булочних виробів, доцільно виділити головні експлуатаційні показники, до яких відносяться:

- витрати питомої роботи на процес замішування;
- очищення, ремонт та експлуатація;
- конструкція робочих органів тістомісильної машини;
- якісні показники готового тіста.

Стадія оброблення тіста – одна із найважливіших якісних показників готових хлібних виробів, яка визначає питомий об'єм, форма, стан поверхні, структуру пористості, стан поверхні та зовнішній вигляд виробу.

Мета: Розробити комплекс обладнання для виробництва булочних виробів, конструкцію агрегату для здійснення операцій інтенсивного замішування тіста безперервним способом та механізувати процес оброблення тістових заготовок.

2. Методика досліджень та опис експериментальних установок

2.1. Об'єкт досліджень

Об'єктом дослідження є процес замішування та екструдювання пшеничного тіста та обладнання для здійснення процесів замішування та оброблення. Під час досліджень, тісто готували за наступною рецептурою:

1. Борошно вищого гатунку пшеничне - 500г;
2. Пресовані дріжджі - 10 г
3. Сіль - 7,55 г
4. Цукор – 15,5 г
5. Олія – 10,2 г
6. Вода - 277 мл

Всі компоненти зважуються, дріжджі розводяться частиною води за температури 30° С. Залишкова кількість води завантажується в тістомісильну машину з температурою 45° С. Потім завантажуються сіль, цукор, олія та дріжджова суспензія. Замішували тісто протягом 20 хв. на третій швидкості.

2.2. Опис експериментальних установок

Експериментальне обладнання для замішування тіста, включає: станину 1, з приводом та регулятором обертів 2, місильного робочого органу 5.

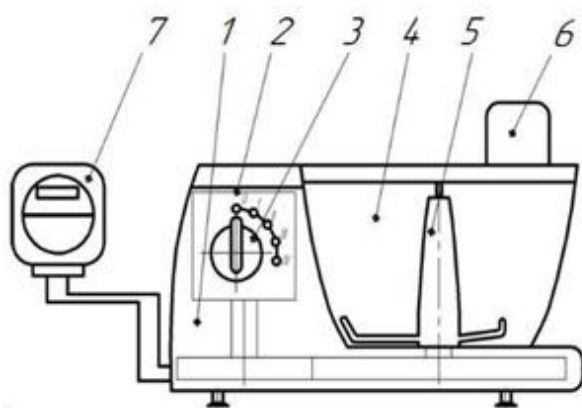


Рис.2.1. Схема лабораторної тістомісильної машини: 1 - станина; 2 – привід машини з регулятором кількості обертів місильного валу; 3 - перемикач швидкості обертання; 4 – камера замішування; 5 – місильний робочий орган; 6 – фіксувальна кришка;

Камера для замішування 4 встановлюється на станині, закріплюється за допомогою тримачів, місильний робочий орган 5, встановлюється в камері на привідному валу та закріплюється кришкою 6 з фіксатором, який одночасно фіксує діжу в нерухомому стані та виступає блокувальним механізмом. Для легкої та швидкої зміни частоти обертання привідного валу призначений перемикач 3.

В комплекс обладнання для дослідження процесу екструджування дріжджового тіста входить циліндричний корпус 1, куди завантажуються тісто та притискається поршнем 8. Корпус оснащений водяною сорочкою. В нижньому днищі корпусу, встановлена матриця 3, через канал якої відбувається екструджування газонаповненого тіста. Заслінкою 4 призначена для перекриття каналу матриці, вона рухається в напрямних 5. Камера закривається кришкою 9, в якій є патрубки для підключення манометру 6 для контролювання величини тиску. В патрубку для подавання стисненого повітря встановлено клапан 7. Повітря подається від компресора 12. Підтримання сталої температури (30° С) в водяній сорочці забезпечує ультратермостат 11.

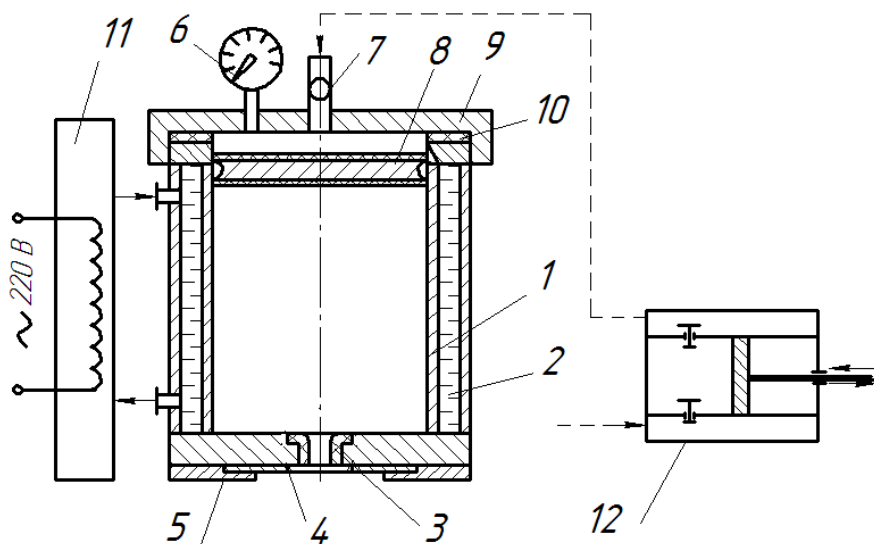


Рис. 2.2. Комплекс обладнання для дослідження процесу екструджування газонаповненого дріжджового пшеничного тіста: 1 – тістова камера; 2 – сорочка водяна з температурою 30° С ; 3 - матриця з каналом круглого

перерізу; 4 - заслінка; 5 –напрямні; 6 - манометр для контролю величини тиску в камері; 7- патрубок подавання стисненого повітря з клапаном; 8 - поршень; 9 – гвинтова кришка робочої камери; 10 – ущільнення кришки; 11 – ультратермостат для підтримання температури води в сорочці; 12 - компресор.

2.3. Методика проведення експериментальних досліджень процесу екструджування дріжджового пшеничного тіста

Відповідно до рецептури замішуємо тісто для дослідження в тістомісильній машині на третій швидкості впродовж 20 хвилин. Вимірюємо температуру тіста та зважуємо. Бродіння відбувається в термостаті за температури 30° С в зволоженому середовищі протягом 30 хвилин.

Після бродіння тісто завантажують в тістову камеру, яка прогріта за рахунок попереднього підключення сорочки до ультратермостату, закриваємо кришкою, та під'єднуємо шланг зі стиснутим повітрям від до величини тиску 0,2МПа. В камері тісто вистоюється 20 хвилин за заданого тиску та температури. Екструджування проводимо за цього ж значення тиску. Під час екструджування фіксуємо тривалість пресування джгута, його розміри (діаметр, довжину) та масу. Для досліджень використовували матриці з різними діаметрами каналів та тривалості вистоювання тіста для забезпечення різної газонаповненості.

2.4 Методика дослідження течії тіста в робочій камері в програмному комплексі FlowVision

Для імітаційного моделювання тривимірної течії тістової маси в робочих зонах тістомісильної машини використовуємо програмний комплекс FlowVision, який власне і призначений для моделювання течії рідини та газів в технічних і природних об'єктах, і для візуалізації подібний течій методами комп'ютерної графіки.

Розділ науки обчислювальної гідродинаміки вирішує проблему моделювання тепломасоперенення в різних об'єктах: технічних і природних.

Основним завданням ВГД, яке вирішується є числове вирішення рівнянь Нав'є-Стокса, які описують динаміку поведінки рідини. Додатково умови, які враховують різні фізико-хімічні ефекти додають точності відображення об'єкта моделювання. Система рівнянь, які визначають об'єкт дослідження і складають математичну модель тепломасоперенесення.

Розрахунок течії тістової маси включає в себе наступні кроки, які виконуються дослідником:

- Створення області розрахунку (побудова геометричної моделі зони дослідження) в САПР та імпортування відповідної моделі через формати NASTRAN VRML ANSYS, DEFORM STL, ABAQUS в FlowVision.

- Визначення математичної моделі.

- Визначення граничних умов.

- Визначення вихідної розрахункової сітки та критеріїв адаптації відповідно до роздільної здатності та граничних умов.

- Визначення параметричних методів розрахунку.

- Проведення розрахунку (в автономному форматі, без участі користувача).

- Відображення результатів розрахунку в графічній формі ("візуалізація") та збереження в файли отриманих даних.

- Оцінка точності розрахунків методом збіжності за сіткою.

Постановка задачі

Імітаційне моделювання за допомогою програми FlowVision, процесу замішування тістової маси, включаючи спостереження за динамікою його течії.

Етапи моделювання процесу замішування тіста

Створення геометричної моделі

- Розроблення 3d моделі місильної камери.
- Розроблення 3d моделі робочого органу.

Імпорт розроблених геометричних моделей в програму FlowVision

Розроблена 3d модель змішувальної камери імпортується в програму для дослідження FLOWVISION. Моделі робочих органів завантажуються через гілку дерева препроцесора «Фільтри».

Модель камери виконана в масштабі 1:1.

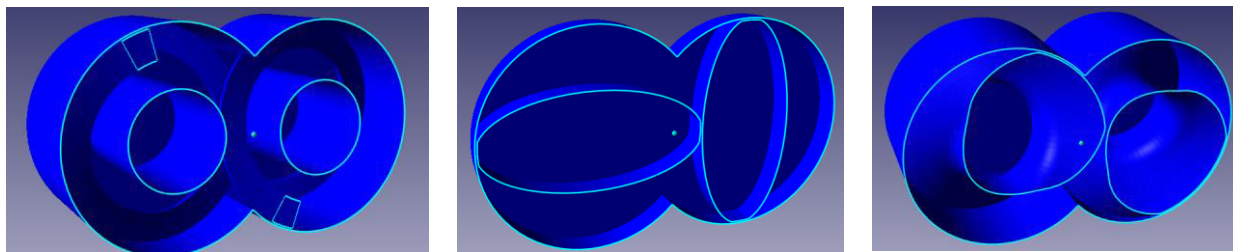


Рис.2.2 Модель робочої камери тістомісильної машини в різних перерізах в залежності від розміщення кулачків робочого органу машини.

Задання математичної моделі

Тісто розглядаємо рідину, яка не стискається під час процесу замішування, тому вибираємо модель турбулентної нестисливої рідини.

Модель описується наступними рівняннями:

Рівняння Нав'є-Стокса

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V} \otimes \mathbf{V}) = -\frac{\nabla P}{\rho} + \frac{1}{\rho} \nabla \left((\mu + \mu_t) (\nabla \mathbf{V} + (\nabla \mathbf{V})^T) \right) + \mathbf{S}$$
$$\nabla \cdot \mathbf{V} = 0$$

де джерело \mathbf{S} визначається як

$$\mathbf{S} = \left(1 - \frac{\rho_{hyd}}{\rho} \right) \mathbf{g} + \mathbf{B} + \frac{\mathbf{R}}{\rho}$$

Вибираємо систему координат, що обертається, тому сили обертання (Коріоліса та відцентрова) задаються наступним чином:

$$\mathbf{B} = -2\boldsymbol{\omega} \times \mathbf{V} - \boldsymbol{\omega} \times \boldsymbol{\omega} \times \mathbf{r}$$

Рівняння енергії має вигляд:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(\mathbf{V}h) = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\left(\frac{\lambda}{C_p} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho}$$

Задання реологічних властивостей течії тістової маси

Для імітаційного моделювання розглядаємо процес замішування тіста в робочих камерах тістомісильної машини, як потік в'язкої рідини, яка не стискається. Вибираємо у властивостях вікна «Вещество 0» вкладкою «Плотность» густину свіжозамішаного тіста 1200, а у вкладці «Молекулярная вязкость» виставляємо 1.0.

Завдання граничних умов.

Граничні умови задаємо три: «Вхід», «Вихід» та «Стінка».

Параметри для «Вхід»: наступні в полі «Тип границы» відповідно «Вход/выход», у полі «Скорость» задаємо «Нормальная скорость».

Для умови «Вихід»: в полі «Тип границы» задаємо «Свободный выход», в полях «Скорость», «Турбэнергия» та «Турбдиссипация» значення залишаємо без змін відповідно: «Нулевое давление/выход», «Нулевой поток» та «Нулевой поток».

Для умови «Стінка»: в полі «Тип границы» задаємо «Стенка», у полі «Турбэнергия» задаємо «Значение в ячейке рядом со стенкой», у полі «Турбдиссипация» задаємо «Значение в ячейке рядом со стенкой».

На торцевих поверхнях моделі камери замішування вказуються граничні умови входу та виходу, для бокових поверхонь і робочих органів вказуємо умову стінки.

Задання розрахункової сітки для початку розрахунку

Початкова сітка прямокутної форми. Кількість комірок на кожній з осей координат вказується у вікні редактора початкової сітки - «X-направление», «Y-направление» та «Z-направление». Рівномірно розбиваємо сітку на максимально необхідну кількість комірок.

Нами використовується демоверсія програми FLOWVISION має обмеження в 15000 комірок. Під час роботи програми потрібно перевіряти умову, щоб добуток кількості комірок вздовж осей не перевищувала 15000.

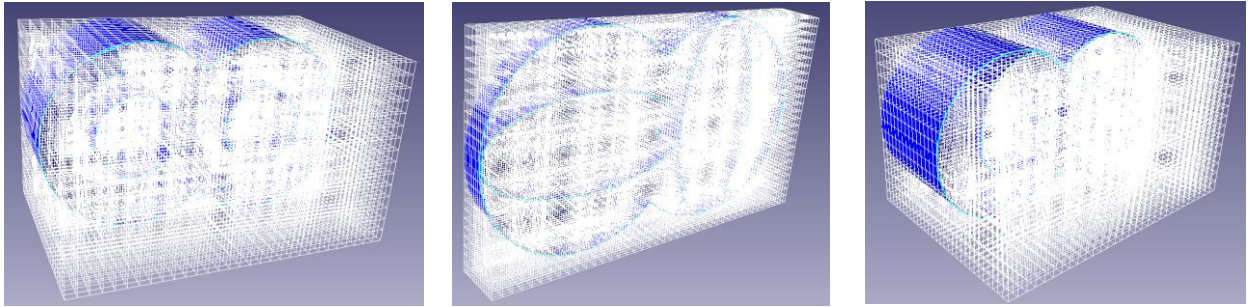


Рис.2.3 Вигляд розрахункової сітки.

«X-направлення» - 30	«X-направлення» - 40	«X-направлення» - 30
«Y-направлення» - 30	«Y-направлення» - 15	«Y-направлення» - 30
«Z-направлення». – 15	«Z-направлення». – 25	«Z-направлення». – 15

Вибір кроку за часом обчислювального алгоритму.

Крок за часом в закладці „Шаги” віконця „Фикс. шаг” вказуємо 0.3с.

Запуск розрахунку.

Висновки до розділу:

Обрано та описано об’єкт досліджень і визначенні методи проведення експериментів.

Для дослідження проходження процесу течії пшеничного тіста в камері тістомісильної машини при механічній обробці робочими органами, створена тривимірна модель в програмі FlowVision. Процес екструзії тіста через отвір матриці досліджено в ході експерименту на експериментальному екструдері.

В розділі приведена постановка задачі імітаційного моделювання процесу течії тіста.

3. Експериментальні дослідження процесів виробництва батоноподібних виробів

3.1. Імітаційне моделювання замісу тіста робочими органами у робочій камері в програмному комплексі Flow Vision

Нами розроблена імітаційна модель процесу замішування пшеничного тіста кулачковими робочими органами в змішувальній камері в пакеті програмного комплексу **FlowVision**, в якій задані початкові та граничні умови. В результаті проведених розрахунків отримано шари швидкості, тиску та дисипації енергії в робочій камері.

Швидкість течії тістової маси в місильній камері

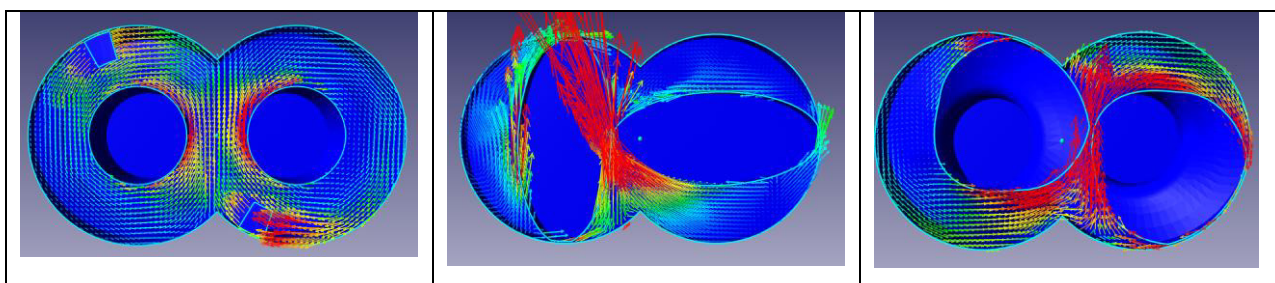


Рис. 3.1. Вектори швидкості руху тістової маси в тістомісильній камері.

Аналіз отриманих результатів показує, що збільшення швидкості маси відбувається в місцях наближення кулачків, що сприяє ефекту перемішування за рахунок зміщення різних шарів тістової маси, які рухаються з різною швидкістю. Однак є і транспортувальний ефект який залежить від швидкості обертання робочого валу з кулачковими робочими органами, Рис. 3.2.

Швидкість руху тістової маси збільшується по довжині робочої камери за одного режиму роботи (частоти обертання валу) та істотно збільшується зі збільшенням кількості обертів місильного валу. За збільшення частоти обертання від 20 до 100 об/хв, лінійна швидкість руху тістової маси збільшується в 5-5,5 разів.

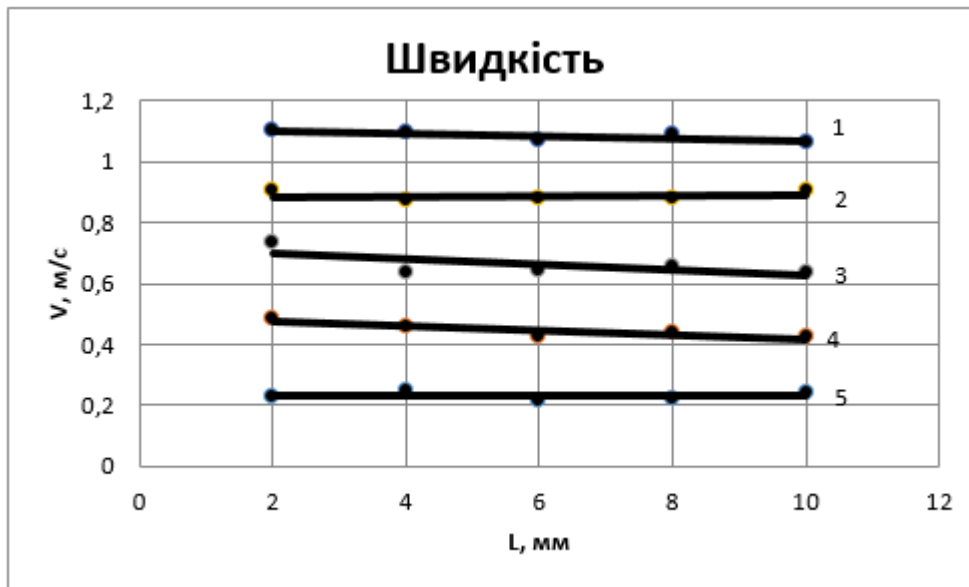


Рис.3.2. Швидкість транспортування тіста по довжині робочої камери за швидкості обертання робочого валу з кулачковими робочими органами: 1- 20; 2 - 40; - 60; 4 - 80; 5 - 100хв⁻¹.

Залежність швидкості руху тістової маси по довжині камери мають лінійний характер для всіх значень частоти обертання місильного валу.

Тиск в місильній камері

Тиск, який створюється в робочій камері кулачковими робочими органами під час замішування тіста різний за величиною в різних зонах камери (рис 3.3). Найбільших значень тиск досягає в зонах наближення і пропрацювання тіста кулачками. Слід відмітити, що вплив кулачкових робочих органів є ощадливим для тістової маси без рваних зусиль та найбільш наближений до впливу людської руки під час замішування.

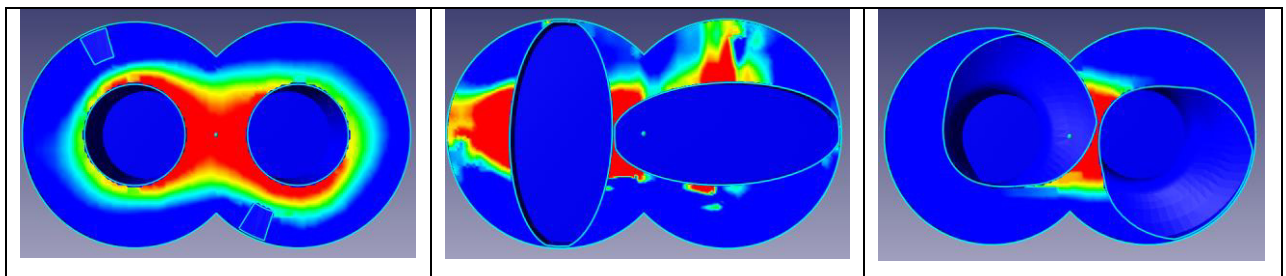


Рис.3.3 Візуалізація тиску в місильній камері під час імітаційного моделювання робочих органів у програмному комплексі Flow Vision.

Тим не менше, зусилля, зусилля, які виникають, дозволяють характеризувати процес замішування як інтенсивний.

Розподіл тиску по довжині робочої камери носить лінійний характер (рис.3.4)

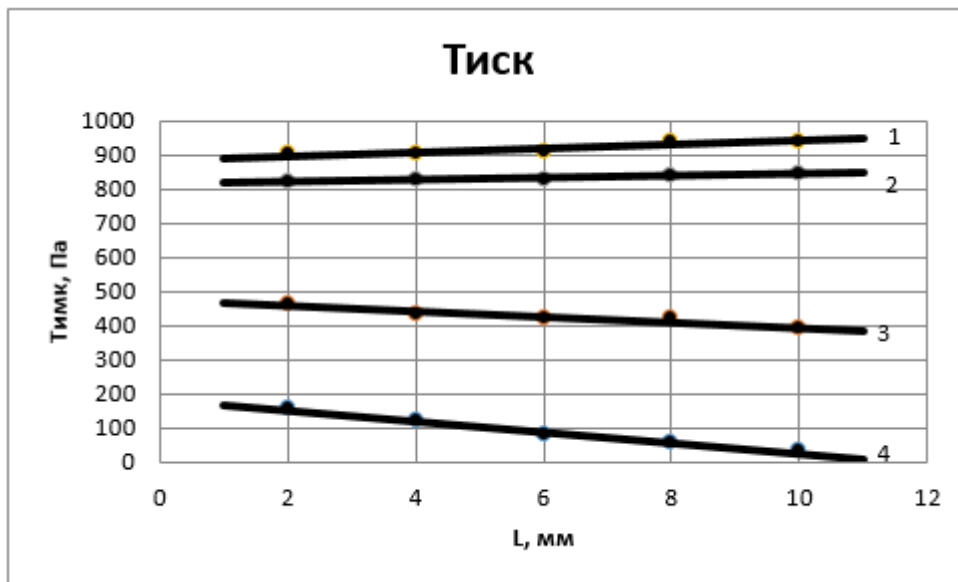


Рис.3.4. Розподіл тиску в робочій камері в залежності від кількості обертів кулачків: 1-100; 2- 80; 3- 60; 4- 20хв⁻¹.

Тиск по довжині робочої камери збільшується для швидкості 80 та 100 обертів за хвилину, що свідчить про можливість подавати тістову масу в камеру бродіння під надлишковим тиском. Частота обертання в межах до 60 обертів за хвилину не забезпечує нагнітання тістової маси в камері бродіння та можливий зворотній потік тістової маси. Залежності зміни тиску від кількості обертів валу з робочими органами носять лінійний характер.

3.2. Дослідження процесу екструдювання газонаповненого пшеничного тіста

Здійснення процесу формування будь –яким способом полягає в цілеспрямованому деформуванні вихідного матеріалу за допомогою відповідного інструменту для надання йому потрібної форми. В екструдерній техніці таким інструментом є матриця, а точніше формувальний канал, конструкція, якого впливає на форму та параметри екструдату і, відповідно якість його поверхні. Процес екструдювання газонаповненого дріжджового

тіста визначається неньютонівським характером течії, тому для нього характерні специфічні властивості, які пов'язані зі збільшенням поперечного перерізу джгута після формування за рахунок явища мундштучного розбухання та інтенсивного виділення вуглекислого газу внаслідок різкого перепаду тиску від надлишкового до атмосферного, що визначатиме параметри та якість готового продукту.

3.2.1. Вплив величини надлишкового тиску на середню швидкість екструдкування

Для визначення впливу величини надлишкового тиску на процес екструдкування вибродженого пшеничного тіста, нами проводились дослідження на експериментальному обладнанні лабораторного комплексу за відповідних значен тиску: 0,1... 0,4 МПа та різній тривалості виброджування тіста в закритій тістовій камері.

Середню швидкість тістового джгута визначали за відомою формулою:

$$w = \frac{l}{\tau}, \text{ м/с}$$

де l – довжина випресуваної заготовки, м (0.150м);

τ – тривалість пресування, с.

Нами побудовані залежності середньої швидкості екструдкування тістового джгута від величини тиску та різного вмісту газової фази (рис.3.1). Аналіз отриманих кривих свідчить про те, що швидкість пресування тістового джгута з практично нульовим вмістом газової фази (без використання дріжджів) крива 1, в дослідженому інтервалі зміни тиску пресування, майже лінійно збільшується зі збільшенням величини тиску пресування в межах 0,1...0,4 МПа. У разі насичення тістової маси газом (криві 2 - 6) відбувається відхилення даної залежності від лінійної. Але залишається тенденція: за збільшення вмісту вуглекислого газу в тістовій масі - збільшується і середня швидкість потоку екструдату. Це пояснюється тим що, виділення вуглекислого газу в результаті падіння тиску до

атмосферного в момент виходу джгута із формувального каналу приводить до збільшення середньої швидкості пресування. Збільшення газових пухирців сприяє збільшенню тангенціальної складової швидкості, що в цілому приводить до збільшення середньої швидкості потоку екструдату.

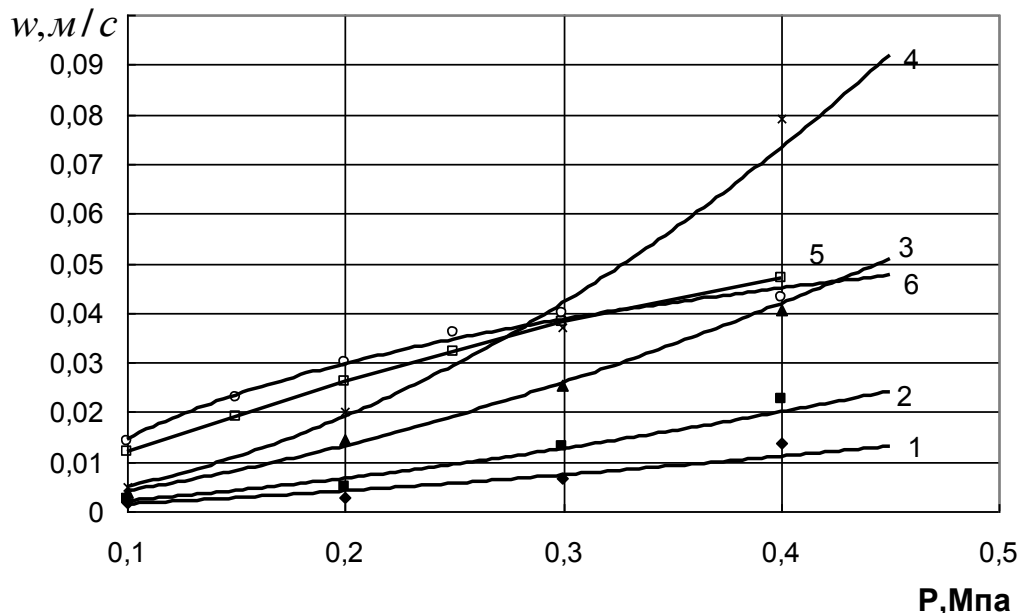


Рис. 3.5 Графік залежності середньої швидкості випресування тістового джгута від вмісту газової фази та тиску: 1 - 0; 2 - 8.6; 3 - 23; 4 - 36; 5 - 42; 6 - 46%.

Однак, за вмісту газової фази вище 40%, що видно на кривих 5,6, вміст газової фази є надмірним, а значний градієнт зниження тиску 0,3...0,4 МПа призводить до втрат газової фази через руйнацію газових пухирців, тиск всередині них, перевищує межу міцності стінок та силу поверхневого натягу, що супроводжується нерегулярністю потоку та погіршенням стану поверхні екструдованого джгута. За меншого градієнту тиску 0,1...0,25 МПа цілісність газових комірок порушується в меншій мірі, відбувається зливання окремих пухирців і, внаслідок цього процесу спостерігається більш крупна пористість м'якушки готового продукту, можуть утворюватися пустоти всередині тістового джгута. На швидкість екструдування також очікувано впливає і

величина перепаду тиску пресування: чим більше значення перепаду тиску, відповідно тим більше значення середньої швидкості тістового потоку.

Криві 1...4, які описують параметри формування без руйнування структури тістового джгута математично можна описати рівнянням виду:

$$w = nP^k$$

де n, k – це коефіцієнти рівняння, які залежать від вмісту газової фази в тістовій масі. Ми визначили відповідні рівняння і цих коефіцієнтів рис.3.2.

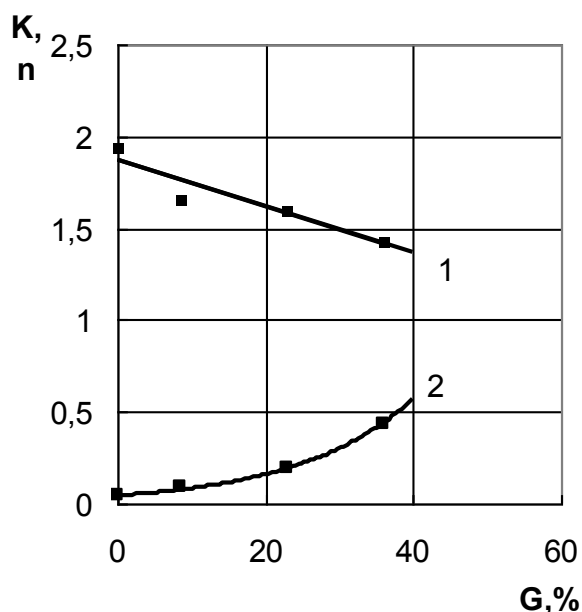


Рис. 3.6. Криві залежностей коефіцієнтів K (лінія 1) та n (лінія 2) від вмісту газової фази.

Таким чином, рівняння залежності середньої швидкості потоку тіста через формувальний канал від величини тиску екструдкування має вигляд:

$$w = 0,045 e^{0,06G} P^{(-0,1G+1,9)}$$

Таким чином, в результаті експериментальних досліджень встановлено, що зі збільшення вмісту газової фази до 40%, збільшується в 5 разів швидкість випресування в порівнянні з тістом без використання дріжджів у всьому діапазоні варіювання тиску, що можна пояснити зменшенням в'язкості тіста за введення газу.

3.2.2. Зміна діаметру сформованого тістового джгута та коефіцієнта розширення від газонаповненості тіста

Розпушення тістової заготовки за суміщення процесів формування і розпушення назвемо розпушенням в динамічних умовах на відміну від традиційного вистоювання (розпушення в статичних умовах). Під час цього процесу внаслідок зміни тиску: від тиску пресування до атмосферного, відмічаємо значне збільшення його діаметра.

Дослідження проводили з матрицями різного діаметру формувального каналу 6, 10, 12, 15 мм за однакової довжини каналу - 4,2мм. Коефіцієнт розширення показує відношення діаметру сформованого джгута після екструдуювання до діаметру каналу матриці.

Результати проведених досліджень залежності коефіцієнта розширення від діаметра каналу формувальної матриці за оптимального вмісту газової фази 45 % та тиску екструдуювання 0,2 МПа представлені у вигляді графіку рис.3.7.

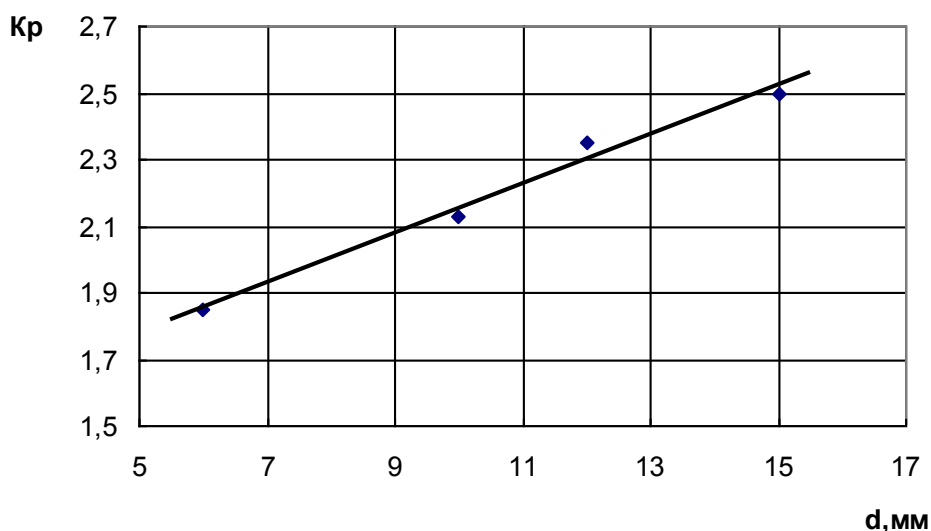


Рис.3.7. Вплив діаметру каналу матриці на коефіцієнт розширення

В дослідженому діапазоні значень діаметру каналу залежність коефіцієнта розширення (рис.3.7) носить лінійний характер: ступінь розширення тістового джгута зі збільшенням діаметру каналу формувальної

зростає за нормальної складової збільшення діаметру газових пухирців та за їх рахунок кількості під час виходу джгута із формувального каналу та миттєвого падіння тиску, окрім того, зменшується площа поверхні тертя між стінками каналу та тістом, внаслідок збільшення діаметру джгута відносно всього об'єму.

Для регулювання накопичення різної кількості газу для дослідження впливу на процес екструзування змінювали тривалість бродіння тіста в закритій камері.

Аналізуючи отримані результати (рис.3.8), можна сказати, що криві залежності коефіцієнта розширення від кількості газової фази описується степеневим рівнянням, для розглянутих матриць.

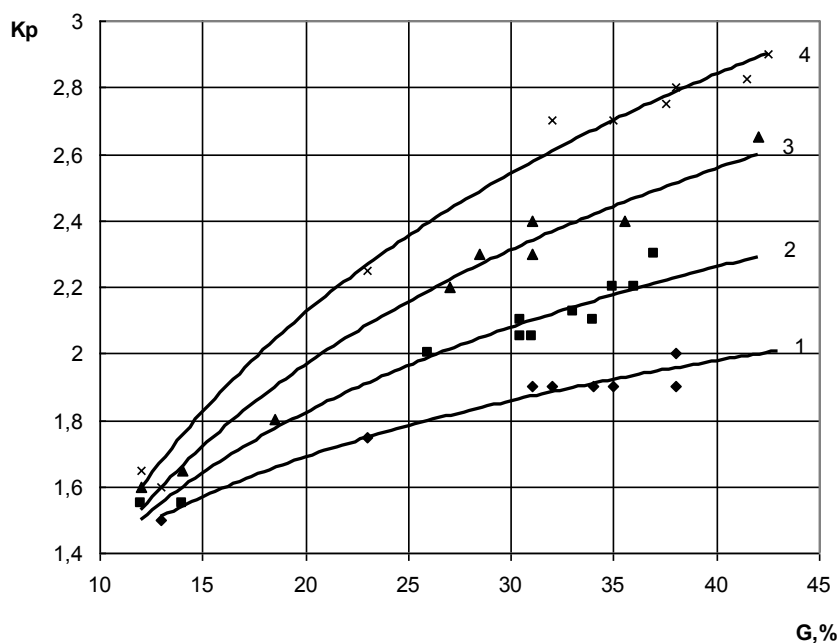


Рис 3.8. Зміна коефіцієнта розширення в залежності від кількості газової фази за діаметру отвору каналу матриць:1 –6;2 –10;3 –12;4 – 15 мм.

За підвищеного вмісту газової фази в тістовій масі просторова структура тіста змінюється, ефективна в'язкість маси знижується. Оскільки внаслідок від високої швидкості деформації дисперсної колоїдної системи з

в'язко-пружними властивостями, частина зв'язків, руйнуються, та не встигають відновити зруйновані зв'язки і на виході з формувального каналу екструдера тістовий джгут «вибухає», тобто значно збільшується його діаметр в порівнянні з діаметром формувального каналу матриці. Така поведінка характерна для неньютонівського матеріалу. Однак, на розширення діаметру впливає також вміст газової фази, та збільшенням діаметру газових пухирів та збільшення їх кількості за рахунок виділення вуглекислого газу через падіння тиску до величини атмосферного. Збільшення вмісту газової фази в тістовій масі від 5 до 42 % діаметр випресованого джгута збільшується на 35 %.

3.2.3. Визначення впливу форми формувального каналу на параметри тістового джгута

Вплив оформлення кута входу в формувальний канал

Нами вивчено вплив оформлення зони входу в формувальний канал для цього використовували матриці з різним значення кута входу в формувальний канал: 20° , 35° , 65° , 90° (рис. 3.5).

Зі збільшенням вмісту газової фази в тістовій масі за всіх значень кута входу в формувальний канал коефіцієнт розширення збільшується. Отримана залежність лінійного характеру (рис.3.9).

Конусна форма входу впливає на коефіцієнт розширення тістового джгута, це можемо прослідкувати на підставі залежностей, представлених рис.3.9: коефіцієнт розширення за збільшення значення кута входу в канал спочатку зростає та досягає своєї максимальної величини в межах значень $70-80^{\circ}$, а потім зменшується.

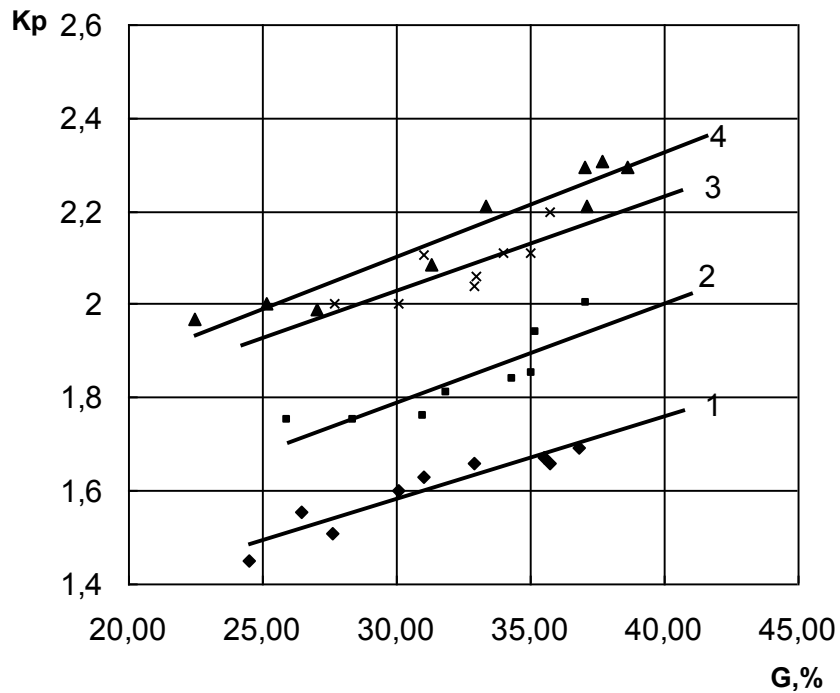


Рис.3.9. Зміна коефіцієнта розширення від вмісту газової фази для значень величини кута входу: 1 –20;2 –35;3 –90; 4 –65°.

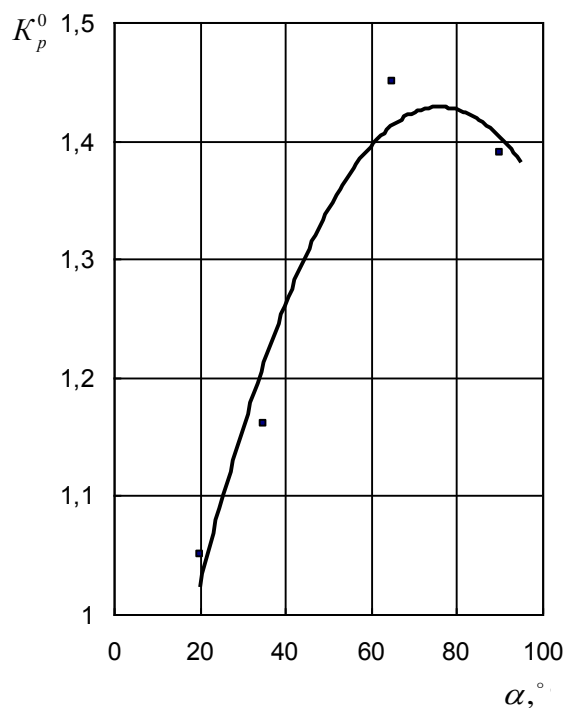


Рис.3.10. Зміна коефіцієнту розширення від величини кута входу в формувальний канал

Дослідженнями встановлено, що залежність коефіцієнта розширення тістового джгута від оформлення конусності кута входу має оптимальне

значення - $70...80^\circ$, це вірогідно пояснюється періодом релаксації тіста, а саме тривалість перебування в формувальному каналі з більшим кутом входу є достатнім для відновлення високомолекулярних сполук після змінних деформацій на вході, що приводить до зняття напружень, відновлення структури тістової маси та переорієнтації молекул. Вхід в канал матриці виготовляти під прямим кутом не є доцільним, через збільшення напружень та значної втрати енергії потоку. У випадку зменшення кута входу, відповідно збільшується загальна довжина формувального каналу і втрачається енергія потоку тістової маси.

Вплив розширення каналу на виході

Теоретичними дослідженнями встановлено, що важливою складовою є і оформлення зони виходу із формувального каналу для формування тістового джгута. Вплив зони виходу із формувального каналу досліджували з використанням матриць з різним значенням конусності на виході. Матриці виготовляли однакової довжини, але змінювали кінцевий діаметр, і, відповідно отримали різний кут розширення на виході із формувального каналу. Одночасно виготовляли матриці з однаковим вихідним діаметром, та різним кутом виходу і, відповідно, різної загальної довжини.

Під час плину тіста каналі з розширенням на виході меншою мірою впливає вміст вуглекислого газу ніж розширення формувального каналу в зоні виходу на коефіцієнт розширення джгута (рис. 3.11). Слід відмітити, що оформлення зони виходу має визначальне значення в геометрії каналу на формування діаметру, поверхні та стану пористості готового виробу. В каналі з різним кутом виходу (для його оцінки розрахуємо тангенс кута) значення коефіцієнта розширення досить непогано описується однією кривою.

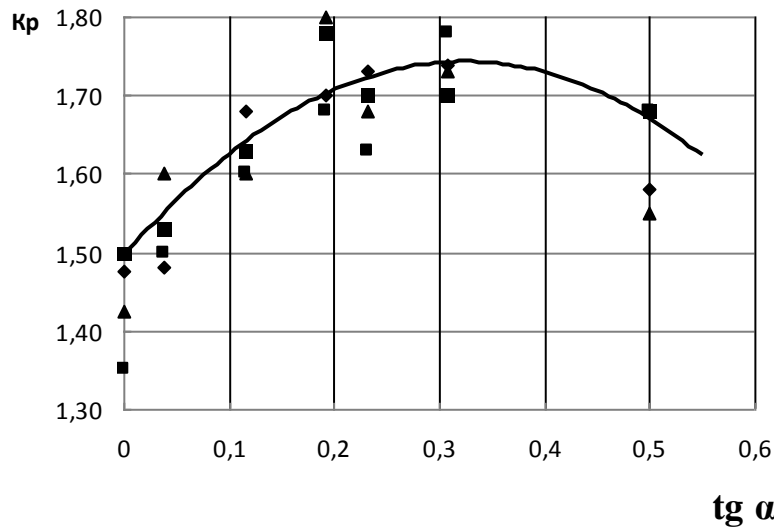


Рис.3.11. Залежність коефіцієнта розширення від тангенса кута виходу.

Зі збільшенням тангенса кута виходу значення коефіцієнта розширення зростають та досягають максимального значення за величини тангенсу 0.25-0,35.

І середній діаметр екструдату визначається відносним розширенням на виході формувального каналу (рис.3.12), яке показує наскільки вихідний діаметр екструдату більший діаметру формувального каналу.

Отримані залежності середнього діаметру джгута з добре вираженим максимумом для значень відносного розширення в межах 1,5 – 1,7. Але найбільшого значення діаметру можемо досягти за вмісту газової фази - 40 %. Однак, подальше збільшення діаметру вихідної зони зменшить середній діаметр джгута.

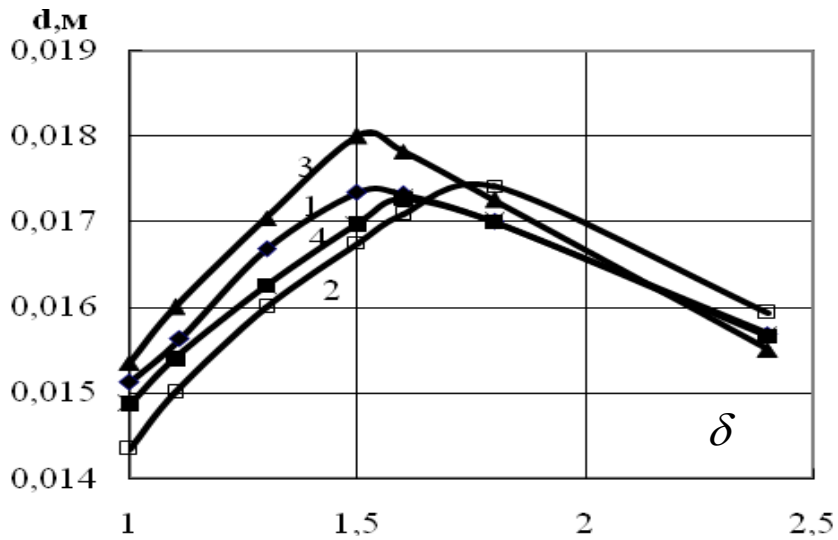


Рис.3.12. Зміна середнього діаметру джгута в залежності від відносного розширення каналу та вмісту газової фази: 1-25,7;2-33,6;3-40,7;4-41,8%.

Розширення каналу на виході, змінює і середню швидкість потоку (рис.3.13). Для всіх значень відносного розширення збільшення вмісту газової фази збільшує середню швидкість потоку. Однак, градієнт зміни швидкості більший за відносного розширення формувального каналу 0,2-0,3, наступне збільшення значень приводить до зменшення. Характер отриманих залежностей аналогічний для всіх значень вмісту газової фази.

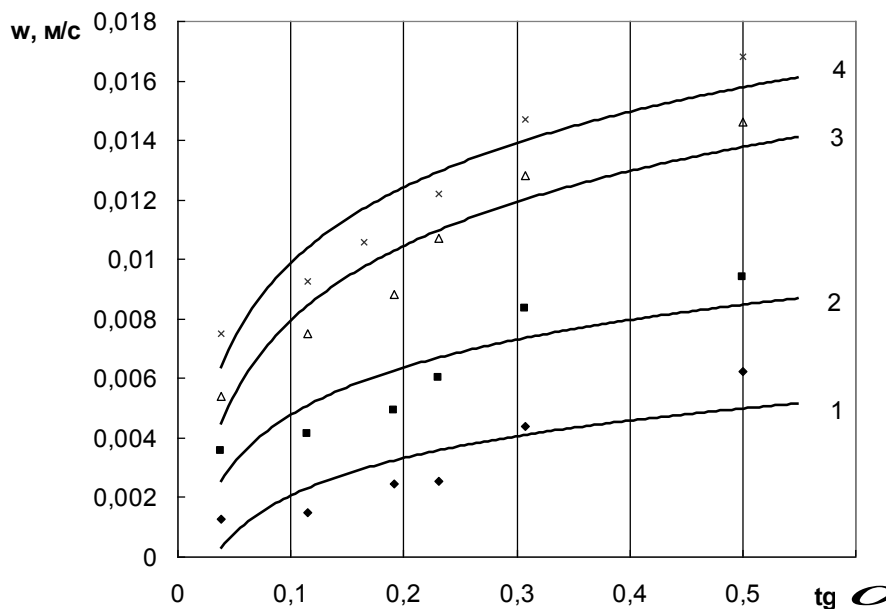


Рис. 3.13. Зміна середньої швидкості потоку через канал від його відносного розширення та вмісту газової фази: 1-25,7;2-33,6;3-40,7;4-41,8%.

Висновок за розділом:

Експериментальними дослідженнями встановлено:

коефіцієнт розширення тістового джгута менше залежить від вмісту газової фази в тістовій масі, а більше значення має розширення каналу на виході;

за збільшення відносного розширення каналу зростає і діаметр джгута до деякого свого максимального значення за відносного розширення 1,5 – 1,7;

збільшення кількості газової фази тістової маси, приводить до зростання і середньої швидкості потоку.

Проведені дослідження дозволяють сформулювати вимоги до зони виходу:

- оформлення каналу на виході доцільно робити плавним;
- відносне розширення до діаметру формуючого каналу зони виходу виконувати в межах 1,5...1,7;
- тангенс кута вихідної зони має становити 0,2...0,3;
- довжина каналу в межах зони розширення - в межах 2,5-3 величини діаметру самого каналу.

Оформлення зони виходу має визначальне значення в геометрії каналу на формування діаметру, поверхні та стану пористості готового виробу

4. Практичне застосування результатів досліджень

4.1. Соціально-економічне обґрунтування розробки

На ринку України представлено велику кількість вітчизняних виробників, які забезпечують населення країни необхідними продуктами харчування. Особливістю українського ринку хліба та хлібобулочних виробів є майже стовідсоткове заповнення продукцією вітчизняного виробництва. Це зумовлюється тим, що хліб та хлібобулочні вироби мають невеликий термін зберігання і повинні бути реалізовані на протязі доби. Здатність хлібопекарської продукції швидко втрачати споживчі властивості і неможливість транспортування на значні відстані, обмежують діяльність хлібопекарських підприємств та примушують їх працювати в умовах виробництва, що має дорівнювати споживанню продукції.

В останні роки залишається актуальною проблема по розробці та впровадженню нових технологій, інтенсифікації процесу, підвищення продуктивності і рентабельності виробництва та покращення якості готової продукції. Один з ефективних методів пришвидшення процесу дозрівання тіста та покращення якості готових хлібобулочних виробів є посилення механічна обробка тіста при замішуванні, що дозволяє вплинути на його структуру і фізико-хімічні показники.

Серед робіт, присвячених покращенню традиційних технологій і створення нових енерго- та ресурсозберігаючих виробництв, значна увага приділяється інтенсивному процесу замішування тіста.

Розробка та впровадження у виробництво змішувально-бродильно-формуального агрегату дозволить виконувати всі операції тістоприготування та формування тістових заготовок в одному агрегаті; замінивши велику кількість машин для оброблення тіста, а саме: тістомісильну машину, формуючі машини, вистійну шафу; дозволить механізувати процеси виробництва багетів; створити коротку та компактну

лінію, яка не буде займати значних площ на підприємстві. За рахунок зменшення кількості обладнання, зменшаться витрати енергії.

4.2. Розроблення конструкції змішувальнобродильноформуального агрегату.

Враховуючи теоретичні та експериментальні дослідження нами запропонована конструкція змішувальнобродильноформуального агрегату (ри.4.1). Змішування починається в камері попереднього змішування, куди дозуються та розпилюються рідкі компоненти, одночасно подається борошняно-повітряна суміш. Камера основного змішування змішувальної частини агрегату складається із двох спарених циліндричних ємностей, в яких розміщені два паралельних вали, на яких встановлені робочі органи. В якості робочих органів використовується шнекові елементи та кулачкові робочі органи, встановлені під різним кутом.

Тісто після замішування подається в герметичну камеру бродіння. Тісто бродить під тиском в закритому об'ємі камери, весь вуглекислий газ, який утворюється під час бродіння маси тіста, переходить в розчинений стан та оклюдується клейковиною борошна. Тривалість бродіння достатня для накопичення вуглекислого газу, достатнього для розпушення тістових заготовок перед випіканням. На виході із формуального отвору матриці, внаслідок різкого перепаду тисків тістовий джут збільшується в діаметрі, порівняно з діаметром формуального каналу. Розпушені сформовані вироби подаються безпосередньо на під печі.

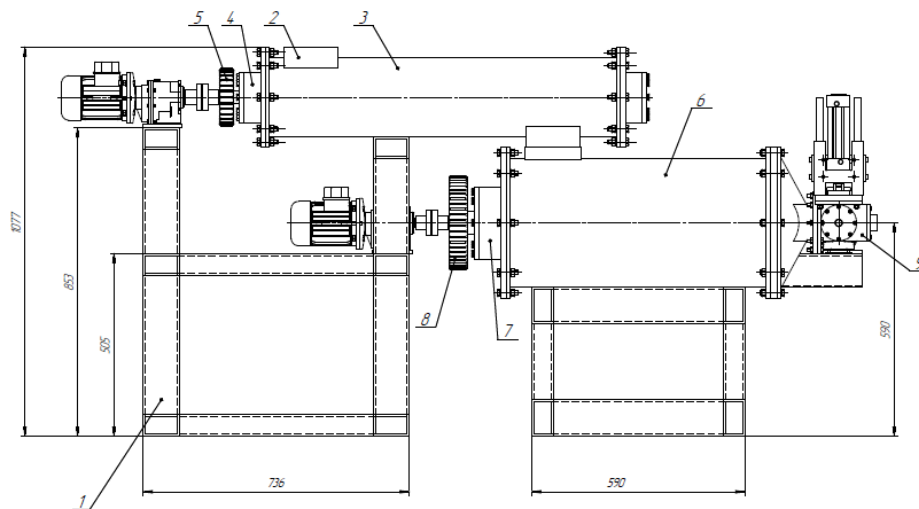


Рис.4.1 Загальний вигляд змішувальнобродильноформуального агрегату: 1- станина; 2 – камера попереднього змішування, 3 – змішувальна камера основного змішування; 4 – підшипниковий вузол; 5 – зубчаста передача приводу змішувальної частини; 6 – камера бродіння; 7 - підшипниковий вузол валу камери бродіння; 8 – зубчаста передача приводу камери бродіння; 9 – формувальний вузол.

Процес в змішувальній частині агрегату відбувається у відповідності з теоретичними основами процесу замішування пшеничного тіста.

Компоненти після дозування подаються в камеру попереднього змішування (рідкі компоненти розпилюються, борошно подається у вигляді борошняно-повітряної суміші). Утворена маса потрапляє до камери основного замішування. Перша стадія продовжується в камері основного замішування. Спочатку шнеком із стрічкової нарізки продовжується стадія змішування компонентів та транспортування вздовж валів змішувача.

Метою першої стадії є рівномірний розподіл компонентів.

Друга стадія - власне замішування, коли відбувається вирівнювання вологи між різними компонентами тістової маси, одночасно в розчин переходить розчинні частки борошна. Для цього використовуються кулачкові робочі органи, які встановлені так, що, кожен наступний кулачок повернутий на кут 45° відносно до попереднього.

Для здійснення третьої заключної стадії пластифікації на валах в камері замішування встановлюються кулачкові робочі органи у формі шнека. Третя стадія вимагає посиленого механічного впливу на тісто, для досягнення відповідних структурно-механічних властивостей тіста.

Тісто після замішування потрапляє укамеру для бродіння (рис.5.2) об'єм якої достатній для накопичення газу, необхідного для розпушення тістових заготовок після формування перед випіканням.

В камері бродіння встановлюються шнеки з великим кроком для створення суцільного потоку в камерах бродіння та запобігання застійних зон в камерах. Після виброджування тісто через канал золотникового пристрою направляється в камеру відмірювання дози. Коли камера заповниться тістом, золотник повертається на 180° і мірний поршень рухається вниз виштовхуючи відміряну дозу. Тісто випресовується окремими заготовками через формувальні отвори та подається на під печі.

Розпушення тістових заготовок відбувається відразу після виходу із формувального каналу за рахунок вивільнення вуглекислого газу, який був накопичений під час бродіння із розчиненого стану.

Дослідження процесу екструзування пшеничного дріжджового тіста, насиченого вуглекислим газом приводить до утворення дрібнопористої розпушеної структури тістових виробів, що отримані шляхом випресовування необхідна обґрунтована конструкція матриці. Тістовий джгут на виході з формувального каналу збільшується поперечний розмір заготовки за рахунок відновлення структури пшеничного тіста та виділення газу. Для дрібної, рівномірної та гарно розвиненої пористості, та гладкої поверхні тістової заготовки нами сформовані вимоги до конструктивних характеристик формувального каналу. Формувальна частина каналу (без зони входу та виходу) має забезпечувати максимальне розширення діаметру заготовки тому він має бути мінімальної довжини, базуючись на конструктивних міркуваннях.

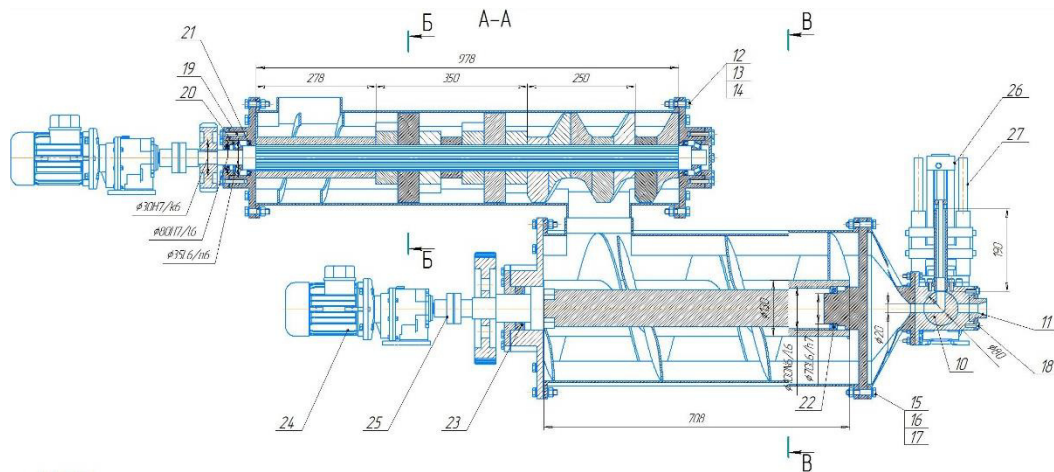


Рис.4.2. Розріз агрегату.

Розроблена конструкція змішувальнобродильноформуального агрегату дозволяє поєднати в одному агрегаті безперервної дії декількох технологічних операцій, а саме: змішування, виброджування, дозування, формування та розпушення в одному агрегаті. Це забезпечує скорочення машинно-апаратної схеми, і, відповідно, виробничих площ лінії, скорочуються витрати на експлуатацію обладнання. Впровадження агрегату дозволяє зменшити втрати на бродіння та збільшити вихід виробів, крім того, за рахунок зменшення кількості обладнання – зменшується і кількість приводів та використання кількості електроенергії.

4.3. Розрахункова частина

4.3.1. Розрахунок продуктивності змішувально-бродильно-формуального агрегату

Основним обладнанням в лінії виробництва хлібобулочних виробів являється піч, тому все обладнання лінії підбираються і розраховуються, на основі продуктивності печі, за даним видом виробів – багети. Обираємо для розрахунку циклотермічну піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8090, в якій наступні параметри:

довжина поду печі, мм - $L = 8000$

ширина поду печі, мм - $B = 600$

Додаткові дані, що потрібні при розрахунку продуктивності печі:

діаметр виробів - 50 мм

час потрібний на випікання багетів у печі, хв. - $\tau = 15$
 зазор між виробами по довжині конвеєра печі, мм - 25
 зазор між виробами по ширині конвеєра печі, мм - 30



Рис.4.1. Піч польської фірми «Rem-Piek» WSL-8090

Таблиця 4.1

Характеристики тунельної печі WSL-8090

поверхня випікання м ²		9
Габаритні розміри мм	довжина тунелю	15000
	ширина	1600
	макс. висота з трубою	2830
ширина стрічки, мм		600
час випікання хв.	мін.	4
	макс.	15
напруга живлення		3x220/380В;50Гц
макс. температура випікання		280
встановлена потужність КВт		10
маса печі,кг		9000

Кількість багетів в ряду по довжині конвеєра печі:

$$N = \frac{L-a}{l+a} = \frac{8000-25}{650+25} = 12 \text{ (шт)},$$

де, L - довжина конвеєра в пекарній камері печі;

a - зазор між заготовками в ряду;

l - довжина заготовки.

Кількість виробів в ряду по ширині конвеєра тунельної печі:

$$n = \frac{B-a}{b+a} = \frac{600-30}{50+30} = 7 \text{ (шт)},$$

де, B – ширина конвеєра печі;

a – зазор між виробами в ряду по ширині поду;

b – ширина заготовки.

Визначення годинної продуктивності тунельної печі, кг/год:

$$P_{год} = \frac{N \cdot n \cdot g}{\tau} \cdot 3600 = \frac{12 \cdot 7 \cdot 0,250}{900} \cdot 3600 = 84 \text{ (кг/год)};$$

g - маса заготовки, кг.

Визначення секундної продуктивності печі, кг/с:

$$P_{сек} = \frac{P_{год}}{3600} = \frac{84}{3600} = 0,023 \text{ (кг/с)};$$

Знаходимо швидкість руху транспортера, м/с:

$$v = \frac{L}{\tau \cdot 60 \cdot 1000} = \frac{8000}{15 \cdot 60 \cdot 1000} = 0,009 \text{ (м/с)},$$

Продуктивність ЗБФА розрахована на основі продуктивності печі, кг/год:

$$P_{м} = P_{п} \cdot k_0 \cdot (100 + y) \cdot 0,01 = 84 \cdot 1,1 \cdot (100 + 15) \cdot 0,01 = 106,26 \text{ кг/год.}$$

0,03

де, $P_{п}$ – продуктивність тунельної печі по хлібу, кг/год;

y – упікання тістових заготовок, % ;

k_0 – коефіцієнт, що враховує можливі технічні зупинки в процесі роботи обладнання (1,1-1,2).

Секундна продуктивність ЗБФА по камері бродіння виходячи з геометричних параметрів шнеків, кг/с:

$$P_{c1} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,35^2 - 0,13^2)}{4} \cdot 0,3 \cdot 0,03 \cdot 1200 \cdot 0,2 \cdot 0,15 \cdot 0,55 = 0,03 \text{ кг/с.}$$

Секундна продуктивність місильної камери ЗБФА по зоні пластифікації залежно від геометричних параметрів шнека-кулачка, кг/с:

$$P_{c2} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot (0,21^2 - 0,06^2)}{4} \cdot 0,5 \cdot 0,8 \cdot 1200 \cdot 0,2 \cdot 0,15 \cdot 0,55 = 0,03 \text{ кг/с.}$$

де, k_1 - коефіцієнт подачі, що від параметрів лопатей шнека ($k_1 = 0,2 - 0,5$);
 k_2 - коефіцієнт відношення поверхні лопатей до гвинтової поверхні такого ж діаметру ($k_2 = 0,15 - 0,2$);
 k_3 - коефіцієнт, який враховує площу перерізу, що утворюється перетином траєкторії руху лопатей (для двох вальних машин $k_3 = 0,55 - 0,7$).

Визначаємо годинну продуктивність ЗБФА по зоні пластифікації в місильній камері:

$$P_{ЗБФА} = P_{c2} \cdot 3600 = 0,033 \cdot 3600 = 118,8 \text{ кг/год.}$$

4.3.2. Розрахунок геометричних параметрів агрегату

На основі секундної продуктивності та часу, який тісто знаходиться у бункері, розраховуємо об'єм бродильної ємкості:

$$V_{б.е.} = \frac{P_{с.т.} \cdot \tau_{брод}}{\rho_{тіста}},$$

де: $P_c = 0,03 \text{ кг/с}$;

$\tau_{брод.} = 60 \text{ хв.} = 3600 \text{ с}$;

$\rho_{тіста} = 1200 \text{ кг/м}^3$.

$$V_{б.е.} = \frac{0,03 \cdot 3600}{1200} = 0,09 \text{ м}^3.$$

Виходячи з того, що об'єм бродильної ємкості визначається з формули $V = \frac{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - 2 \cdot d^2)}{4} \cdot l$, визначаємо довжину бродильної ємкості знаючи діаметри робочих шнеків.

$$\text{Тоді: } l = \frac{V \cdot 4}{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - 2 \cdot d^2)}$$

$$l = \frac{0,09 \cdot 4}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 0,35^2 - 2 \cdot 0,13^2)} = 0,71 \text{ м}$$

Розраховуємо об'єм камери замісу тіста:

$$V = \frac{\rho_{\text{ц2}} \cdot \tau}{\rho} = \frac{0,03 \cdot 1200}{1200} = 0,03 \text{ м}^3$$

τ – час замішування тіста, $\tau = 20 \text{ хв.} = 1200 \text{ с.}$

Довжину робочої камери визначаємо за формулою:

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - 2 \cdot d^2) \cdot \varphi}$$

де, φ - коефіцієнт заповнення місильної камери (0,5 - 0,7);

$$L = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (1,6 \cdot D^2 - d^2) \cdot \varphi} = \frac{4 \cdot 0,03}{3,14 \cdot (1,6 \cdot 0,21^2 - 2 \cdot 0,06^2) \cdot 0,7} = 0,86 \text{ м}$$

Об'єм дазувальної камери:

$$V = \frac{m_{\text{багета}} \cdot (100 + y) \cdot 0,01}{\rho_{\text{тіста}}} = \frac{0,250 \cdot (100 + 15) \cdot 0,01}{1200} = 0,00024 \text{ м}^3$$

y – упікання тістових заготовок, % ;

$m_{\text{багета}}$ - маса готового багета.

Довжина дазувальної камери при обраному діаметрі 20 мм:

$$L = \frac{V}{\pi \cdot R^2} = \frac{0,00024}{\pi \cdot 0,02^2} = 0,19 \text{ м.}$$

4.3.3. Міцнісні розрахунки апарату

Визначення товщини стінок екструдера

Тиск, що виникає в бродильній камері апарату, Па: $P = 0,2 \cdot 10^6$

Внутрішній діаметр циліндричної оболонки камери D_1 , м: $D_1 = 0,35$

Допустиме значення напруження для матеріалу 12X18H10T, що буде використовуватися для стінки апарату $\sigma_p, [\sigma] = 510 \cdot 10^6$ Па

Добавка до товщини стінки матеріалу на корозію δ , м: $\delta = 0,002$

Визначаємо допустиме напруження матеріалу стінки при розтягу:

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

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

$$\sigma = 510 \cdot 10^6 / 4 = 127 \cdot 10^6.$$

Знаходимо товщину стінки δ_1 , м:

$$\delta_1 = \frac{P \cdot D_1}{[2 \cdot \beta \cdot [\sigma]] - P} + \delta = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,35}{2 \cdot 0,85 \cdot 127 \cdot 10^6 - 0,2 \cdot 10^6} + 0,002 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Товщину стінки екструдера приймаємо за стандартом в більшу сторону від розрахункової $\delta_1 = 0,004$ м.

4.3.4. Розрахунки шнеків

Конструюємо шнеки на основі розрахунків, при відомому максимальному тиску в бродильній камері $P_{\text{MAX}} = 0,2$ (МПа), коефіцієнту внутрішнього тертя продукту $f = 0,3$, та його щільності $\rho = 1200 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$.

Зовнішній діаметр нагнітальних шнеків D прийнято рівним 350 мм, внутрішній $d = 130$ мм, а крок приймаємо конструктивно 250 (мм).

4.3.4.Кут підйому гвинтових ліній по зовнішній стороні шнеків та біля самого валу розраховуємо за формулами:

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

$$\alpha_D = \arctg\left(\frac{0,25}{3,14 \times 0,35}\right) = \arctg 0,227 = 7^{\circ} 46',$$

$$\alpha_d = \arctg\left(\frac{0,25}{3,14 \times 0,13}\right) = \arctg 0,612 = 31^{\circ} 27'$$

Знаходимо середнє значення кута підйому гвинтових ліній витку шнеку:

$$\alpha_{CP} = 0,5 \cdot (\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \cdot (7^{\circ} 46' + 31^{\circ} 27') = 19^{\circ} 36'$$

Допоміжні величини для розрахунку:

$$\cos^2 19^{\circ}36' = 0,94^2 = 0,88, \quad \operatorname{tg} 19^{\circ}36' = 0,35, \quad \sin 2 \times 19^{\circ}36' = 0,63$$

Коефіцієнт відставання частинок матеріалу в осьовому напрямку:

$$K_o = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha) = 1 - (0,88 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,63) = 0,215$$

Згинальний момент, що виникає у витку шнека по внутрішньому контуру, знаходимо 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 та валу, $a = \frac{350}{130} = 2,69$

$$M_3 = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 0,35^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 2,69^{-4} - 1,2 \cdot 2,69^{-2} - 5,2 \ln 2,69}{1,3 + 0,7 \cdot 2,69^{-2}} = 1877,3 (\text{Н} \cdot \text{м}^2)$$

Витки шнеку виготовлятимуться зі сталі 12Х18Н10Т, в якій допустиме напруження на згин приймаємо рівним допустимому напруженню на розтяг, тобто $125 \cdot 10^6$ (Па). Тому товщину витка шнеку знаходимо з формули:

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

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 1877,3}{125 \cdot 10^6}} = 0,009 = 9 (\text{мм})$$

приймаємо $\delta = 9 (\text{мм})$

Крутний момент робочих витків шнеку знаходимо за формулою:

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

де, m - максимальне навантаження кроку шнека; K_o - коефіцієнт відставання; P_{MAX} - максимальний тиск, який створює шнек, α - кут підйому гвинтової лінії витку шнеку, $\alpha = 20^{\circ}$

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

де, f - коефіцієнт тертя продукту об шнек.

$$K_o = 1 - (0,88 - 0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,63) = 0,215$$

$$M_{KP} = 0,131 \cdot 2 \cdot (1 - 0,215) \cdot 0,2 \cdot 10^6 \cdot (0,35^3 - 0,13^3) \cdot 0,35 = 585,6 (H \cdot m)$$

Осьове зусилля знаходимо за формулою:

$$S = 0,392 \cdot m \cdot (D^2 - d^2) \cdot P_{MAX} = 0,392 \cdot 2 \cdot (0,35^2 - 0,13^2) \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 16558,1 (H.)$$

Нормальні та дотичні напруження валу знаходимо за формулами:

$$\sigma_{CЖ} = \frac{S}{F} = \frac{16558,1}{0,5 \cdot 0,1^2} = 3,3 (МПа)$$

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_P} = \frac{585,6}{3,14 \cdot 0,1^3} = 1,9 (МПа)$$

Еквівалентне напруження буде дорівнювати:

$$\sigma_{ЕКВ} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{3,3^2 + 4 \cdot 1,9^2} = 5,1 (МПа)$$

і це значення відповідає межах допустимої напруги для матеріалу валу і шнека (сталь 12Х18Н10Т).

4.3.5. Розрахунки підшипників

Підбираємо радіально-упорний роликпідшипник за такими даними: частота обертання валу $n = 30$ об/хв; посадковий діаметр валу під підшипник $d = 95$ мм; коефіцієнт обертання кільця $V = 1$; коефіцієнт безпеки $K_6 = 1,2$; температурний коефіцієнт $K_T = 1,05$; необхідна довговічність $L_h \geq 30000$ год

Попередньо приймаємо підшипник серії 027319А за ГОСТ 27365-87, з такими характеристиками:

динамічна вантажопід'ємність $C = 95500$;

статична вантажопід'ємність $C_0 = 76800$;

кут контакту $\alpha = 12^\circ$

Осьова складова радіальних навантажень для підшипника визначається:

$$F_s = 0,83 \cdot e \cdot F_r = 0,83 \cdot 0,32 \cdot 3157,135 = 836,1 H$$

$$\text{Де: } e = 1,5 \cdot \tan \alpha = 1,5 \cdot \tan 12^\circ = 0,32$$

Розрахункове осьове навантаження знаходимо:

$$F_a = F_s + F_{ab} = 836,1 + 9520,7 = 10356,8 H$$

Визначаємо співвідношення:

$$\frac{F_a}{V \cdot F_r} = \frac{10356,8}{1 \cdot 3157,135} = 3.3 > e = 0.31$$

Приймаємо коефіцієнти радіального та осьового навантажень:

$$X = 0,4 \text{ і } Y = 0,4 \cdot ctg \alpha = 0,4 \cdot ctg 12^\circ = 1,883.$$

Еквівалентне динамічне навантаження на підшипник знаходимо за формулою:

$$P = (X \cdot F_r + Y \cdot F_a) \cdot K_\delta \cdot K_T$$

$$P = (0,4 \cdot 3157,135 + 1,883 \cdot 10356,8) \cdot 1,2 \cdot 1,05 = 26163,5 \text{ Н};$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^m = \frac{10^6}{60 \cdot 30} \cdot \left(\frac{95500}{26163,5}\right)^{\frac{10}{3}} = 41599,29 \text{ год}$$

де, $m=10/3$

Номінальна довговічність обраного підшипника перевищує строк служби передачі. Отже підшипник вибрано вірно.

4.3.6. Підбір мотор-редуктора та кінематичний розрахунок приводу

Вихідні дані:

Потужність на валу шнека $N = 2 \text{ кВт}$;

Частота обертання шнеку – $n_{\text{вих}} = 30 \text{ об/хв.}$;

Термін служби приводу - 4 років;

число змін за добу – 3.

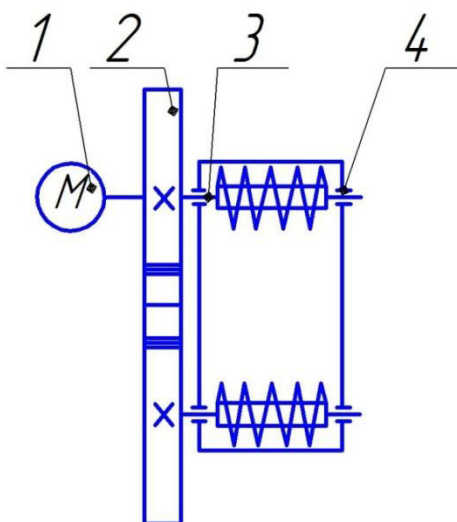


Рис.6.2. Кінематична схема приводу ЗБФА: 1. - Мотор-редуктор; 2. - Зубчаста передача; 3. – Вал зі шнеком; 4. - Підшипникова опора.

Робота, яка буде витратитися на перемішування тіста без врахування витрат на нагрів маси в результаті тертя:

$$A_1 = a \cdot b \cdot \pi \cdot \rho_t \cdot n^2 \cdot \sin \alpha \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot \left[(1 - k) \cdot \pi^2 \cdot (r_2^2 + r_1^2) + k \cdot \frac{S^2}{2} \right] = 2 \cdot 0,3 \cdot 3,14 \cdot 1200 \cdot 0,3^2 \cdot \sin 45 \cdot (0,065^2 - 0,175^2) \cdot \left[(1 - 0,108) \cdot 3,14^2 \cdot (0,065^2 + 0,175^2) + 0,108 \cdot \frac{0,05^2}{2} \right] = 1,9$$

Дж

a – кількість шнеків, шт.;

b – ширина шнеків, м;

r_1 - відстань від осі обертання до початку шнеку, м;

r_2 - відстань від осі обертання до кінця шнеку, м;

k – коефіцієнт подачі тіста шнеком;

S – крок витків шнеку, м.

Робота при переміщенні шнека:

$$A_2 = \frac{2}{3} \cdot a \cdot b \cdot \delta \cdot \rho \cdot \pi^2 \cdot n^2 \cdot (r_2^3 - r_1^3) = 0,7 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 0,4 \cdot 1200 \cdot 3,14^2 \cdot 0,3^2 \cdot (0,065^3 - 0,175^3) = 1,4$$

Дж

δ – товщина витка шнеку, м.

Робота, що іде на нагрів тіста та металевих частин машини:

$$A_3 = 124 \cdot a \cdot \mu \cdot n \cdot \left(\frac{r_2^4 - r_1^4}{l} + 2 \cdot \frac{r_2^3 \cdot b \cdot \sin \alpha}{f} \right) = 124 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 0,5 \cdot \left(\frac{0,065^4 - 0,175^4}{0,001} + 2 \cdot \frac{0,065^3 \cdot 0,3 \cdot \sin 45}{0,001} \right) = 2564,8$$

Дж.

μ - динамічна в'язкість тіста, Па·с.

f – зазор між краями шнеку і стінками бродильної камери, м.

Робота, що витрачається при зміні структури пшеничного тіста:

$$A_4 = (0,05 - 0,1) \cdot A_1 = 0,1 \cdot 1,9 = 0,19 \text{ Дж}$$

Розрахунок енергетичного балансу після одного оберту шнека:

$$A_5 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 1,9 + 1,4 + 2564,8 + 0,2 = 2568,3 \text{ Дж/об.}$$

Питома робота на заміс тіста:

$$A_{\text{пр}} = A_5 \cdot \frac{n \cdot \tau}{m_T} = 2568,3 \cdot \frac{0,3 \cdot 1200}{108000} = 8,56 \text{ Дж/г.}$$

$$m_T - \text{маса тіста в камері } m_T = V \cdot \rho = 0,09 \cdot 1200 = 108 \text{ кг.}$$

Крутний момент що виникає на вихідному валу:

$$T_{\text{вих}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\omega_{\text{вих}}} \quad \text{де } \omega_{\text{вих}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{вих}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 30}{30} = 3,14 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

$$\text{Тоді: } T_{\text{вих}} = \frac{1800}{3,14} = 574,1 \text{ Нм.}$$

Потужність двигуна знаходимо за формулою:

$$N_{\text{двигуна}} = \frac{N_{\text{вих}}}{\eta_{\text{привода}}} = \frac{1800}{0,738} = 2441 \text{ Вт};$$

$$\text{де } \eta_{\text{привода}} = \eta_{\text{редуктора}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{п}} = 0,8 \cdot 0,93 \cdot 0,99 \cdot 0,99 = 0,736;$$

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

$\eta_{\text{зуб.}}$. – ККД прямозубої циліндричної зубчатої передачі (0,93);

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

Підбираємо мотор-редуктор за такими даними: $T_1 = 545 \text{ Нм}$; $n = 30 \text{ об/хв.}$

$$N_{\text{двигуна}} = 3,0 \text{ кВт.}$$

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

Визначаємо загальне передаточне число привода:

$$u_{\text{пр}} = \frac{n_{\text{двигуна}}}{n_{\text{вих}}} = \frac{1455}{30} = 48,4;$$

Передаточне число приводу складеться з добутку передаточного числа мотор-редуктора та прямозубої циліндричної передачі.

$$i_{\text{редуктора}} = 48,4, \text{ тому: } i_2 = \frac{u_{\text{привода}}}{i_{\text{редуктора}}} = \frac{48,4}{1} = 48,4$$

Прямозуба передача потрібна для сталої кількості обертів другого валу.

Знаходимо потужності на окремих валах апарату:

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

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{редуктора}} = 2442 \cdot 0,8 = 1953(\text{Вт}) ;$$

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{\text{п.}} \cdot \eta_{\text{зуб.}} = 1953 \cdot 0,99 \cdot 0,93 = 1815(\text{Вт}) ;$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{\text{п}} = 1815 \cdot 0,99 = 1800(\text{Вт}) ;$$

Потужність $N_4 = 1800\text{Вт}$ розподіляється одночасно на два шнека.

Знаходимо частоту обертання окремих валів:

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 1454(\text{об / хв}) ; \quad n_2 = \frac{n_1}{i_{\text{ред}}} = \frac{1454}{48,4} = 30(\text{об / хв}) ;$$

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

Розраховуємо кутові швидкості окремих валів.

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1454}{30} = 151,7(\text{рад / с}) \quad \omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{\text{ред}}} = \frac{151,7}{48,4} = 3,11(\text{рад / с})$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 3,11(\text{рад / с}) \quad \omega_4 = \frac{\omega_3}{i_{\text{зуб}}} = \frac{3,11}{1} = 3,11(\text{рад / с})$$

Визначаємо крутні моменти на валах приводу:

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

$$T_3 = \frac{T_4}{\eta_{\text{зуб}} \cdot \eta_{\text{п}} \cdot i_{\text{зуб}}} = \frac{402,59}{0,93 \cdot 0,99 \cdot 1} = 443,42(\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_{\text{п}}} = \frac{443,42}{0,99} = 447,8(\text{Н} \cdot \text{м})$$

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta_{\text{ред}} \cdot i_{\text{ред}}} = \frac{447,8}{0,8 \cdot 48,4} = 11,6(\text{Н} \cdot \text{м})$$

Вносимо отримані дані в загальну таблицю для зручності.

Таблиця розрахованих значень

Таблиця 4.2.

Номер Вала	Потужність N,Вт	Частота обертання n,об/хв	Кутові швидкості, рад/с	Крутний момент Т, Н·м	Передаточне число
I	2442	1454	151,7	17.3	
II	1953	30	3,45	436	48,4
III	1815	30	3,45	44342	1
IV	1800	30	3,45	402.59	

4.3.7. Розрахунок відкритої прямозубої циліндричної передачі

Номінальна потужність, яка буде передаватися шестернею $N_3 = 1953$ Вт;

Частота обертання шестерні $n_3 = 30$ об/хв;

Передаточне число $u = 1.0$;

Крутний момент на шестерні $T_3 = 573$ Н·м.

Вибір матеріалу та призначення термообробки деталі

Приймаємо для шестерні та колеса Сталь 45;

Термообробка - нормалізація.

Для шестерні:

$$\sigma_B = 600 \text{ МПа}; \sigma_T = 270 \text{ МПа}; 175 \text{ HB}_1;$$

Для колеса:

$$\sigma_B = 550 \text{ МПа}; \sigma_T = 260 \text{ МПа}; 165 \text{ HB}_2;$$

Допустимі напруження згину знаходяться за формулою:

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

де, $\sigma_{F\lim b}$ - границя витривалості зубців для згину, що дорівнює базовому числу циклів зміни напружень:

$$\sigma_{F\lim b1} = 1,8 \cdot HB_1 = 1,8 \cdot 175 = 315 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F\lim b2} = 1,8 \cdot HB_2 = 1,8 \cdot 165 = 297 \text{ МПа}$$

K_{FC} — коефіцієнт, який враховує характер прикладання навантаження,

$$K_{FC} = 0,65;$$

K_{FL} — коефіцієнт довговічності:

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

m_F — показник степені втоми, для коліс з твердістю на поверхні зубців $HB < 350$ $m_F = 6$;

N_{FO} — базове число циклів зміни напружень:

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

N_{FE} — еквівалентне число циклів навантаження зубців протягом терміну служби:

$$N_{FE} = 60 \cdot n_3 \cdot t_{екс}$$

де, n - частота обертання валу на якому знаходиться шестерня, $n_3 = 30$ об/хв

$$N_{FE} = 60 \cdot n_3 \cdot t_{екс} = 60 \cdot 30 \cdot 12904 = 23,21 \cdot 10^6 \text{ циклів}$$

$N_{FE} > N_{FO}$, через що, приймаємо коефіцієнт довговічності $K_{FL} = 1,0$;

S_F - коефіцієнт безпеки:

$$S_F = S'_F \cdot S''_F = 1,75 \cdot 1,5 = 2,63$$

$$S'_F = 1,75$$

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

Y_S — коефіцієнт, який враховує чутливість матеріалу і концентрації напружень, $Y_S = 1$.

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

Допустимі напруження згину для зубців передачі:

$$[\sigma_{F1}] = \frac{315}{2,63} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 79 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{F2}] = \frac{297}{2,63} \cdot 1 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 1 = 75 \text{ МПа}$$

Допустимі граничні напруження згину при максимальних навантаженнях

визначаються за формулою:

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

$\sigma_{F \lim M}$ - граничне напруження, що не викликає невідновлених деформацій чи злому.

$$\sigma_{F \lim M1} = 4,8 \cdot HB = 4,8 \cdot 175 = 840 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F \lim M2} = 4,8 \cdot HB = 4,8 \cdot 165 = 792 \text{ МПа}$$

S_F - коефіцієнт безпеки, $S_{FM} = 2,63$

Y_S - коефіцієнт, який враховує чутливість матеріалу, $Y_S = 1$.

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{840}{2,63} \cdot 1 = 319 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_F]_{\max} = \frac{792}{2,63} \cdot 1 = 300,9 = 300 \text{ МПа}$$

Допустимі граничні контактні напруження за максимальних навантажень визначаємо за формулою:

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

$$\sigma_{H \max 1} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 270 = 754 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{H \max 2} = 2,8 \cdot \sigma_T = 2,8 \cdot 260 = 727 \text{ МПа}$$

Розрахунок зубців передачі на міцність при згині

Попередньо потрібно визначити величини, що необхідні для розрахунку:

- Швидкість зубчастих коліс:

$$v = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{N_3 \cdot n_3^2} = 0,0125 \cdot \sqrt[3]{1,954 \cdot 30^2} = 0,15 \text{ м/с}$$

Для визначеної швидкості потрібний ступінь точності передачі - 9-й.

- Коефіцієнт ширини зубчастого вінця

$$\psi_d = 0,75 \cdot \psi_d^{\max} = 0,75 \cdot 0,7 = 0,525$$

- Коефіцієнт, який враховує розподілення навантаження між зубцями $K_{F\alpha} = 1,0$

- Коефіцієнт, який враховує розподілення навантаження по ширині вінця зібців: $K_{F\beta} = 1,35$

- Коефіцієнт, який врахує динамічне навантаження: $K_{Fv} = 1,13$

- Попередньо приймаємо: число зубів для шестерні $z_1 = 26$, число зубів для колеса $z_2 = z_1 \cdot u = 26 \cdot 1 = 26$ шт.

- Коефіцієнти, що врахують форму зубців передачі: $Y_{F1} = Y_{F2} = 4,0$

- Коефіцієнт, який враховує вплив нахилу зубця на напружений стан: $Y_\beta = 1$

Початковий модуль зачеплення передачі:

$$m = \sqrt[3]{\frac{2 \cdot T_3 \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} \cdot \cos^2 \beta}{z_1^2 \cdot \psi_d \cdot [\sigma_{F1}]} \cdot Y_{F1} \cdot Y_{\beta}} =$$

$$= \sqrt[3]{\frac{2 \cdot 435 \cdot 10^3 \cdot 1,14 \cdot 1,134 \cdot 1}{26^2 \cdot 0,524 \cdot 78} \cdot 4,0 \cdot 1} = 5 \text{ мм}$$

Приймаємо модуль зачеплення $m = 5 \text{ мм}$ Міжосьова відстань $a = 250 \text{ мм}$.

Кількість зубців шестерні та колеса $z = 52$ шт.

Ділильний діаметр шестерні та колеса:

$$d_{\omega 1} = d_{\omega 2} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 52 = 260 \text{ мм}$$

$$v = \frac{\pi \cdot d_{\omega 1} \cdot n_3}{60000} = \frac{3,14 \cdot 260 \cdot 30}{60 \cdot 1000} = 0,41 \text{ м/с}$$

Провірочний розрахунок зубців на міцність при згині при максимальному навантаженні:

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

Напруження згину зубців шестерні:

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

$$\text{де } W_{Ft} = \frac{2 \cdot T_3}{d_{\omega 1} \cdot b_{\omega}} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{2 \cdot 574 \cdot 10^3}{260 \cdot 80} \cdot 1 \cdot 1,34 \cdot 1,2 = 89,7 \text{ МПа}$$

$$b_{\omega} = \psi_d \cdot d_{\omega 1} = 0,524 \cdot 260 = 135,3 = 80 \text{ мм}$$

Отже приймаємо $b_{\omega 1} = 86 \text{ мм}$

$$\sigma_{F1} = 4 \cdot 1 \cdot \frac{89,4}{5} = 71,2 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}] = 78 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F1} \frac{Y_{F2}}{Y_{F1}} = 71,2 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}] = 74 \text{ МПа}$$

Напруження згину за максимального навантаження:

$$\sigma_{F1 \max} = 71,2 \cdot 2 = 142,4 \text{ МПа} < [\sigma_{F1}]_{\max} = 320 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{F2 \max} = 71,44 \cdot 2 = 142,4 \text{ МПа} < [\sigma_{F2}]_{\max} = 300 \text{ МПа}$$

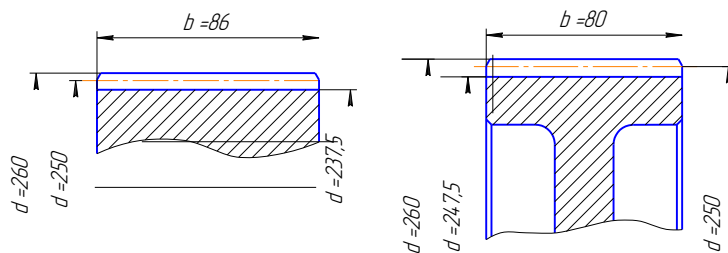


Рис. 4.3 Ескіз зубців прямозубої передачі

Таблиця 4.3. Параметри зубчастої передачі

Кут нахилу зуба на діаметрі d	$\beta = 0^\circ$
Кут зачеплення в нормальному перерізі	$\alpha_w = \alpha = 20^\circ$
Кут зачеплення в торцьовому перерізі	$\alpha_{от} = \alpha = 20^\circ$
Міжосьова відстань	$a_w = 0,5m \cdot (z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 5 \cdot (52 + 52) = 250 \text{ мм}$
Ділильний і початковий діаметри:	
Шестерні	$d_1 = d_{o1} = m \cdot z_1 = 5 \cdot 52 = 250 \text{ мм}$
Зубчастого колеса	$d_2 = d_{o2} = m \cdot z_2 = 5 \cdot 52 = 250 \text{ мм}$
Діаметри вершин зубців:	
Шестерні	$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m = 250 + 2 \cdot 5 = 260 \text{ мм}$
колеса	$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m = 250 + 2 \cdot 5 = 260 \text{ мм}$
Діаметри западин:	
Шестерні	$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m = 250 - 2,5 \cdot 5 = 237,5 \text{ мм}$
Зубчастого колеса	$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m = 250 - 2,5 \cdot 5 = 237,5 \text{ мм}$

4.3.8. Підбір гідроциліндрів для формувального механізму

Данні потрібні для розрахунку:

кут направлення штоку гідроциліндрів; $\alpha = 270^\circ$;

маса об'єкту, кг; $m = 50$ кг;

корисне навантаження при здійсненні робочого ходу, Н; $F_{кор} = 3000$ Н,

тиск живлення гідромережі, бар; $P = 3 \text{ бар} = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}$;

коефіцієнт тертя; $\mu = 0,2$;

коефіцієнт корисної дії механізму; $\eta = 0.9$

Використовуємо методику розрахунку діаметра поршня гідроциліндра, за спрощеною формулою, отримуємо:

$$D = 1.13 \cdot \eta \cdot \sqrt{\frac{F}{k_1 \cdot k_2 \cdot P}};$$

Де: k_1 – коефіцієнт тертя в камері гідроциліндра; $k_1 = 0,75 \dots 0,9$;

k_2 – коефіцієнт запасу по зусиллю $k_2 = 0,5 \dots 0,6$;

F – навантаження що діє на шток.

$$F = F_{\text{кор}} + F_G = F_{\text{кор}} + m \cdot g \cdot (\sin \alpha + \mu \cdot \cos \alpha)$$

$$F = 3000 + 50 \cdot 9,81 \cdot (\sin 270^\circ + 0,2 \cdot \cos 270^\circ) = 2509 \text{ Н};$$

Діаметр поршня гідроциліндра:

$$D = 1,13 \cdot 0,9 \cdot \sqrt{\frac{2509}{0,8 \cdot 0,6 \cdot 3 \cdot 10^5}} = 0,134 \text{ м};$$

Приймаємо діаметр поршня гідроциліндра по стандарту в більшу сторону $D = 140 \text{ мм}$;

За результатами розрахунків обираємо гідроциліндр фірми Festo DSBC-140-2000-PPSA-N3 з робочим ходом 140 мм.

4.4. Вибір конструкційних матеріалів

Підбір матеріалів, що використовуються в харчовому машинобудуванні при конструювання машин і апаратів, зумовлений наступними причинами:

- допуском до контакту з продуктами харчування;
- економічною доцільністю використання;
- вимогами до довговічності і надійності обладнання.

Основними вузлами екструдера є цільнозварні конструкції виготовлені з сталі.

Екструдер складається із металевого корпусу виготовленого з нержавіючої сталі та робочих органів - шнеків.

Основні вимоги до стінок корпусу екструдера це - добра зварюваність і корозійна стійкість. Екструдер буде щоденно підлягати санітарній обробці, що має в собі етап миття агресивними середовищами, тому для нього обираємо корозійностійку сталь 12Х18Н10Т, яка являється найбільш поширеним матеріалом, який використовують для виготовлення деталей машин в харчовій промисловості.

Матриці, через які буде проходити тістий потік, повинні мати стійкість проти спрацювання, хімічну стійкість, низькі адгезійні властивості саме тому матеріалом для них буде фторопласт Ф-4.

Решта деталей, що мають контакт з тістом (шнеки, кришки), виготовляємо із інструментальної сталі Х12М, в якій велика твердість і корозійна стійкість.

Деталі, що не вступають в контакт із тістом, будуть виготовлені з дешевшої, вуглецевої, конструкційної сталі Ст5.

Матеріал для виготовлення зубчастих коліс повинен бути достатню міцним, ударо в'язким, легко піддаватись механічній обробці, тому доцільно обрати сталь 45, або 40Х, 40ХН та піддавати гартуванню із високим відпуском. Використані матеріали приведені в табл.4.4.

Таблиця 4.4

Перелік матеріалів використаних в обладнанні

Найменування матеріалу, марка	Найменування деталі	ДСТУ, ТУ
12Х18Н10Т	Корпус ЗБФА.	ДСТУ 5582-75
Х12М	Розподілювач, решітки, шнек.	ДСТУ 1435-74
Ст.45	Зубчасті колеса.	ДСТУ 1050-88
Ст.5	Опори, рама.	ДСТУ 380-94

4.5. Монтаж, ремонт та експлуатація обладнання ЗБФА

Монтаж змішувально-бродильно-формульовального агрегату

Надійна та довговічність роботи спроектованого обладнання забезпечується тільки при умові дотримання правил експлуатації, своєчасного проведення технічного обслуговування та ремонтних робіт, що передбачено посібником з експлуатації.

До робіт по монтажу, експлуатації, наладці і обслуговуванню обладнання можуть бути допущені лише особи, які пройшли інструктаж із техніки безпеки та вивчили матеріальну частину.

Процес монтажу змішувальнобродильноформульовального агрегату полягає в установці на фундаменті чи без нього і мотор-редуктора. Змішувально-бродильноформульовальний агрегат надходить на монтаж вже в зібранім. Він розміщується на попередньо підготовленому фундаменті та кріпиться гайками із шайбами до анкерних болтів. Після цього встановлюють мотор-редуктор.

Перед запуском машини перевіряється затяжка болтових з'єднань: приводу мотор-редуктора, контролюють кріплення підшипників; змащують всі необхідні вузли; встановлюють огороження приводу. Тоді вручну перевіряють вільність обертання місильних органів. Потім вмикають машину на холостому ході, короткочасним натисненням кнопки "Пуск". Під час роботи машини не повинно виникати стукоту чи вібрацій. Коли підключається мотор-редуктор необхідно перевіряти напрям обертання місильних органів. Далі робочі органи машини короткочасно прокручують та у разі її нормальної роботи ставлять на обкатку протягом 2-3 годин без навантаження. Після пробного пуску і виправлення помічених недоліків, машина може бути введена в експлуатацію.

Експлуатація ЗБФА

Правила експлуатації ЗБФА включають забезпечення потрібних зовнішніх умов для його роботи (відповідність приміщень, температура, чистота, вологість, чистота повітря та інше).

Основні правила експлуатації ЗБФА:

- забезпечення належного стану на робочому місці;
- підтримка обладнання в чистоті, своєчасне і правильне змащування;
- дотримання допустимих режимів роботи механізмів;
- виконання правил керування машиною;
- виконання заходів системи планового технічного обслуговування і ремонту обладнання.

Догляд за технічним станом машини на підприємстві, виконується відділом головного механіка, що не лише здійснює контроль умов експлуатації, але й готує технічну документацію для можливого покращення стану обладнання. Інспекторська служба в цьому відділі має право зупинити обладнання за незадовільного його стану, неправильній експлуатації чи порушенні графіків планово ремонту.

Оператор машини повинен знати конструкцію та принципи роботи основних механізмів машин, вміти виконувати дрібний ремонт, підтримувати в належному стані своє робоче місце. Від знань та виконання правил експлуатації обладнання робітником, залежить технічний стан ЗБФА.

Якщо виявлені будь-які пошкодження чи несправності робітник повинен доповісти про це майстру. Протягом робочої зміни потрібно виконувати змащення всіх деталей, вказаних картою змащення нашого агрегату, та маслом, дозволеним в інструкції. При централізованому змащенні потрібно контролювати масляний резервуар, щоб він був завжди заповнений мастилом.

Ремонт ЗБФА

При використанні ЗБФА потрібно слідкувати за характером його роботи. Необхідно стежити за температурою підшипників. За появи сторонніх шумів у працюючому механізмі потрібно негайно зупинити машину та провести регулювання. При дрібних ушкодженнях, які не

потребують значного часу простою, потрібно швидко замінити ушкоджену деталь. Ремонт і технічне обслуговування заключається в комплексі дій по підтримці справності чи працездатності обладнання в процесі його експлуатації за призначенням, зберіганні і транспортуванні. Технічне обслуговування обладнання виконується відповідно до вимог інструкції по експлуатації, що розроблена заводом-виробником. В комплекс робіт по технічному обслуговуванню і ремонту ЗБФА, який знаходиться в експлуатації, входить: технічний огляд, а при виявленні несправності, ще й ремонт. Технічний догляд, який включає в себе також роботи по дотриманню правил запуску, експлуатації і зупинки машини, своєчасне змащення окремих елементів, підтримка належного стану на робочому місці та інше. На робочому місці обов'язково має бути інструкція технічного догляду за машиною. Технічний догляд виконують оператори і іншими робітники, що працюють з агрегатом. Технічний нагляд виконує бригада ремонтників в складі чергових слюсарів, мастильників, електриків та інших. Під час технічного нагляду здійснюються роботи, без яких неможлива ефективна експлуатація обладнання між плановими ремонтами.

До цих робіт відносяться: підтягування різьбових з'єднань, регулювання окремих механізмів, догляд за арматурою. Більшість робіт виконуються при потребі відповідно з інструкцією по експлуатації. Покращення якості обслуговування, контроль при експлуатації обладнання, дадуть можливість зменшити кількість позапланових ремонтів.

Процес ремонту ЗБФА складається з основних технологічних процесів: очищення, миття, розбирання, контроль, ремонт та відновлення чи заміна деталей, складання, комплектування, обкатка і інше, а ще підготовчі і супутні процеси: забезпечення функціонування верстатного та іншого обладнання, матеріально-технічне постачання, доставка та відправлення об'єктів, які ремонтуються (за умови транспортування ремонтним підприємством), і інше.

Перед початком ремонту ЗБФА потрібно провести огляд обладнання та виявити всі можливі дефекти. Дефекти виявляють при огляді та на основі аналізу записів у журналі слюсарів-ремонтників і механіка. До початку проведення ремонту заготовляють інструменти і змінні деталі.

Перед самим ремонтом агрегату та його розбиранням, обладнання необхідно відключити від сітки технологічних комунікацій, електромережі, роз'єднують напівмуфти валу двигуна та від'єднують привід, зливають мастило з системи змащення. На силовому щиті електроживлення кріпиться табличка: «Не вмикати - працюють люди».

Основні правила розбирання ЗБФА:

- перед розбиранням потрібно ознайомитись із технічним паспортом, кресленнями основних деталей і кінематичною схемою та визначити порядок розбирання вузлів. Рекомендовано також скласти план розбирання за одним з методів: послідовному або паралельно-послідовному;
- розбирається лише той вузол чи механізм, який підлягає ремонту (повне розбирання виконують при капітальному ремонті);
- при самому процесі розбирання складаються відомості дефектів;
- розбирання починають зі зняття кришок, кожухів, запобіжних щитків, для того щоб отримати доступ до вузла, який підлягає розбиранню;
- якщо розбирається декілька вузлів, то деталі кожного з них складаються при зніманні габаритних деталей та вузлів, при цьому потрібно користуватися вантажопідйомними механізмами;
- для спрощення розбирання спряжень, потрібно користуються спеціальними пристроями, інструментами, знімачами і механізмами.

Висновок до розділу:

На основі проведених досліджень розроблена конструкція змішувально-бродильно-формуального агрегату з кулачковими робочими органами для покращеного процесу приготування пшеничного тіста. Проведено розрахунок продуктивності апарату безперервної дії, міцнісні

розрахунки та розрахунки основних конструктивних елементів: робочий орган - шнек, геометричні параметри. Підібрана привід установки - двигун-редуктор, та гідроциліндри для формувальної головки.

В розділі також наведено необхідні данні про експлуатацію, монтаж і ремонт апарату.

5. Охорона праці

Вступ

Система управління охороною праці - це сукупність органів управління підприємством, що на основі нормативної документації здійснюють цілеспрямовану, планомірну діяльність для виконання завдань та функцій управління для забезпечення безпечних, здорових та високопродуктивних умов праці, запобігання отриманню травм і профзахворювань, а ще дотримання прав робітників, що гарантуються законодавством про охорону праці.

Функціями управління охороною праці є:

- організація і координація робіт;
- прогнозування та планування робіт, їхнє фінансування;
- контроль стану охорони праці і функціонуванням система управління охороною праці на підприємстві;
- облік, аналіз і оцінка стану умов та безпеки праці;
- сприяння діяльності по охороні праці.

Аналіз основних процесів та обладнання для виявлення небезпечних та шкідливих факторів умов праці

Щоб виявити наявні шкідливі і небезпечні чинники потрібно проаналізувати роботу обладнання в цеху з виробництва багетів. Умовні позначення нанесено на спрощеній схемі лінії.

В робочій зоні можливе виникнення таких шкідливих і небезпечних факторів: збільшення температури повітря, якщо будуть порушені експлуатаційні вимоги устаткування та при несправності вентиляції; обертові елементи електроприводів за несправності чи відсутності захисних засобів; формувальна головка при відсутності чи несправності захисних засобів. Щоб дотримати нормальні умови праці потрібно забезпечити надійну ізоляцію

поверхонь устаткування і налагодити подачу чистого та свіжого повітря з допомогою системи вентиляції.

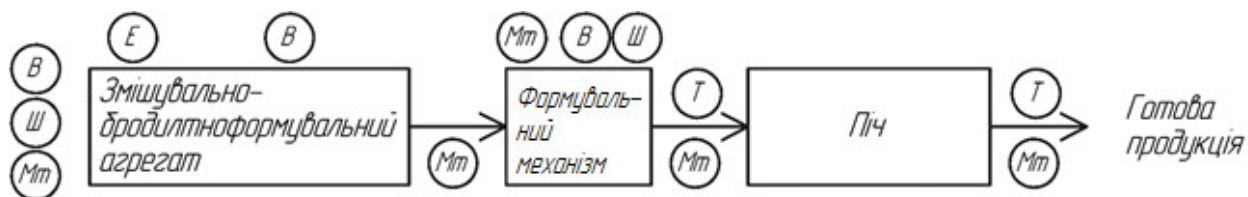


Рис.5.1. Небезпечні фактори на лінії виробництва багетів

Присутнім у цеху виробництва багетів, шкідливим та небезпечним факторам присвоєно наступні символи: Т - виділення тепла, Ш - шум, Мт - механічні травми, В - вібрація, Е - електробезпека.

Мікроклімат

Для нормального самопочуття робітника при виконанні роботи забезпечити комбінацію таких параметрів повітря: відносну вологість повітря, %; температуру повітря в приміщенні, °С; рухливість повітря, м/с; теплове випромінювання Вт/м², що відповідають ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Значення параметрів, що можуть забезпечити найкраще самопочуття, а тому й найвищу працездатність робітника, вважають оптимальними нормами мікроклімату.

Згідно вимог до умов мікроклімату пекарної ділянки, вентиляція має забезпечити температуру повітря 21...23 °С в теплу пору року та 17...19 °С у зимовий час, за швидкості потоку повітря 0,2...0,3 м/с. Вологість приміщення підвищена і саме тому непотрібне додаткове зволоження повітря в самій системі вентиляції.

Норми мікроклімату приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1. Допустимі норми мікроклімату

№ пор.	Професія	Категорія робіт за важкістю	Температура, °С на робочих місцях				Відносн а вологіст ь ф, %	Швидк ість руху повітря , м/с
			Верхня границя		Нижня границя			
			Постійних	непостійних	постійних	непостійних		
1	Оператор ЗБФА	IIa	Холодна пора року				75	до 0,2
			25	26	22	20		
			Тепла пора року					
			26	28	25	22	60(при 27 °С)	0,1-0,3
2	Тістороб	IIa	Холодна пора року				75	до 0,3
			25	26	22	20		
			Тепла пора року					
			26	28	25	22	65(при 26°С)	0,2-0,4
3	Пекар	Iб	Холодна пора року				75	до 0,3
			30	32	25	23		
			Тепла пора року					
			35	40	27	28	65(при 26°С)	0,2-0,4

Шум

Шум на лінії виробництва багетів не перевищує дозволений нормами.

Перевірка шуму і вібрації безпосередньо на робочих місцях має проводитись не рідше, ніж один раз на рік. Рівень шуму робочих зон у виробничих приміщеннях становить 80 дБ.

Норми шуму, що допускаються на робочих місцях наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2. Допустимі норми шуму

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

Раціональним методом зменшення рівня шуму є зниження його в джерелах появи. Для цього приймаються такі заходи:

- за технічної можливості ударні взаємодії деталей змінюються на безударні;
- звукоізоляція конструкцій;
- вчасна заміна підшипників та зношених деталей;
- змащування в'язкими рідинами ударних деталей.

Вібрація

Вібрація може бути локальною та загальною. Обладнання в цеху по виробництву багетів не вимагає постійного ручного керування чи контакту з людиною, через це воно створює загальну вібрацію, яка передається на підлогу чи фундамент, а через них діє на робітника.

ГОСТ 12.1012-90.ССТБ. Вибрационная безопасность. Общие требования.

1. Застосування інструментів і обладнання з рівнем вібрації, який не перевищують ГОСТ 12.1.012-90.

2. Зниження параметрів вібрації, шляхом переведення енергії механічних коливань в інший вид енергії, наприклад в теплову.

Освітлення

На території діляниці застосовують два види освітлення – природне та штучне. Освітлення має відповідати вимогам "Державних будівельних норм" ДБН В.2.5-28-2006.

Природне освітлення створюється великими вікнами в цеху. Через можливе забруднення скла, ефективність природного освітлення може знижуватися. Потрібно не менше, як два рази в рік проводити очищення скла. Також, для природного освітлення, значення мають чистота та колір стін і стелі приміщення.

Штучне освітлення створюється штучними джерелами світла та поділяється на робоче, охоронне та аварійне. Світильників обрано у відповідності з характеристиками та призначенням приміщень. Розміщення джерел світла повинне бути рівномірним по всій площі цеху. Очищати світильники має електрик один раз в місяць. Контроль освітленості треба проводити не менше, ніж один раз на 3 місяці. Включення загальної системи освітлення має бути централізоване. Штучне освітлення представляють люмінесцентні лампами, що встановлюються поблизу робочих місць. Освітлення цеху становить 200 лк.

На дільниці передбачено аварійне освітлення. Воно виконується щоб забезпечити безпечне перебування обслуговуючого персоналу на території цеху, а ще для евакуації при вимкненні робочого освітлення.

При проведенні ремонтних робіт, передбачено мережу ремонтного освітлення. Вона працює при напрузі 36 В.

Норми штучного освітлення на робочих місцях наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3. Допустимі норми освітлення

№	Професія	Точність зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк	
					Комбінована: Газорозрядні лампи.	Загальна: Газорозрядні лампи.
1	Оператор ЗБФА	Малої точності	V	в	400	200/150
2	Тістороб	Малої точності	V	в	400	200/150
3	Пекар	Малої точності	V	в	400	200/150

Електробезпека

Бродильно-формувальна дільниця небезпечна ураження робітників електричним струмом і залежно від виробничого середовища за "Правилами улаштування електроустановок" належать до категорії із підвищеною небезпекою.

Для забезпечення електробезпеки проводяться наступні заходи заходи:

- заземлення всіх металевих, не струмоведучих конструкцій елементів обладнання;
- автоматичне захисне відключення при замиканні чи перевантаженні;
- захисне розділення мереж;
- використання захисних пристроїв і засобів;
- проведення попереджувальних ремонтів і профілактичних випробувань електричного обладнання;
- проведення організаційних заходів (навчання, інструктажі, атестація).

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Територія цеху, що знаходиться в складі хлібозаводу, має відповідати "Державним будівельним нормам" ДБН В.2.2-28-2010. Для забезпечення санітарно-гігієнічних норм передбачені наступні побутові приміщення: душові, санвузли, роздягальні, кімната відпочинку та пральня.

Побутові приміщення розміщені в тій же будівлі, що і виробничі та забезпечуються припливно-витяжною вентиляцією. В адміністративному приміщенні розміщено медпункт та заклад харчування.

Пожежна безпека

Територія бродильно-формувальної ділянки, що є складовою цеху по виробництву багетів, за вибухо-пожежною безпекою відноситься в категорію "В" відповідно з нормами технологічного проектування НАПБ Б.03.002-2007.

Ступінь вогнестійкості будівель для основних робочих цехів, не має бути нижче III відповідно з "Державними будівельними нормами" ДБН В 1.1-7-2002.

У відповідності із "Правилами улаштування електроустановок" клас приміщення і зони вибухопожежної небезпеки - В-ІІа.

Для вчасного сповіщення про пожежу в цеху передбачено автоматичну пожежну сигналізацію. Для ліквідації пожежі є первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться пожежні стволи разом із пожежними рукавами, вогнегасники, внутрішні пожежні трубопроводи, відра, лопати, азбестові ковдри, сухий пісок, а ще інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

При пожежі чи інших критичних ситуаціях у цеху мають бути хоча б два шляхи евакуації людей. Одним із шляхів евакуації може виступати вікно з пожежною драбиною чи східцями, які ведуть на подвір'я.

6. Охорона довкілля

Екологізація виробництва - це науковий процес, впровадження системи організаційних, технічних і інших рішень, що дадуть можливість покращити ефективність використання ресурсів, зберігати чи покращити стан природного середовища на локальному, регіональному і глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій мається на увазі розробка та впровадження технологій, що зможуть при найвищій якості продукції забезпечувати екологічну рівновагу навколишнього середовища, не допускаючи забруднення середовища.

Основи екологізації складають розробка і впровадження маловідходних, енергетичних та ресурсозберігаючих технологій, як очищення опрацьованого повітря та стічних вод. В основі підходу до екологізації технологічного циклу будь – якого виробництва закладено соціальні, екологічні та економічні принципи.

Хлібопекарська промисловість входить в число матеріалозатратних галузей, оскільки використовує велику кількість природних, поливних, водних ресурсів та сировини. Кожне з харчових виробництв в певній мірі забруднює навколишнє середовище через викиди ряду шкідливих речовин у атмосферу, утворення твердих відходів і стічних вод. Харчова промисловість посідає 14-те місце поміж галузей та промислових виробництв по рівню створення забруднення.

На підприємствах хлібопекарської промисловості захист навколишнього середовища полягає в ряді заходів по виявленню джерел забруднення і їхнього знешкодження. Хлібопекарські підприємства в перше чергу є забруднювачами атмосфери та водойм.

Екологічне обґрунтування раціональності встановлення нової машини.

Проектом передбачається використання нової машини в лінії виробництва багетів. Впровадження нового апарату не створює негативно

впливу на зміну викидів шкідливих речовин та зменшує енерговитрати на одиницю продукції за рахунок зменшення кількості використовуваного обладнання.

Всі наведені переваги безпосередньо зв'язані із станом навколишнього середовища. Наприклад, вироблення електроенергії, що використовує сконструйоване обладнання, на електростанціях також супроводжується викидами у навколишнє середовище шкідливих відходів та газів.

Характеристики викидів на підприємстві.

Викиди підприємств поділяються на неорганізовані та організовані.

Неорганізовані викиди - це викиди пари, газів, пилу і стічних вод, що утворюються як результат нещільностей у трубопроводах, комунікаціях, апаратах, установках, через двері і вікна, найбільше за відкритих процесів завантаження та розвантаження продуктів. Найнебезпечні для атмосфери викиди газоподібних і рідких речовин, що виникають за порушення технологічних процесів.

Організовані викиди - викиди, для яких організовано відвід від місць їхнього утворення: повітропроводи, газоходи тощо.

Викиди в атмосферу харчовим підприємством поділяються на:

- викиди, що супроводжуються виділенням теплоти і енергії;
- викиди з переробки вторинних ресурсів;
- викиди основних технологічних процесів.

У хлібопекарських печах частіше всього використовується природній газ чи енергообігрів.

На хлібозаводі специфічними викидами являється борошняний і цукровий пил, відпрацьовані гази та ті, які відводяться з компресорно-повітряних установок, аерозоль транспорту. Підчас бродіння тіста утворюється діоксид вуглецю. Зараз на більшості заводів, діоксид вуглецю використовують, як вторинний ресурс і направляють в атмосферу.

Щоб контролювати скиди в атмосферу, розроблені спеціальні санітарно-гігієнічні норми. Основною характеристикою домішок в атмосфері є концентрація речовини в одиниці об'єму (мг/м^3) повітря.

У таблиці 6.1. приведено значення гранично допустимої концентрації деяких забруднювачів атмосферного повітря.

Табл.6.1. Значення найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря

Речовина	Клас небезпеки	Гранично – допустимі концентрації, мг/м^2	
		ГДК <u>мР</u>	ГДК <u>сд</u>
NO	2	0,085	0,04
CO	4	5,0	3
SO	3	0,5	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,16	0,003
Аміак	4	0,2	0,04
Спирт:			
Метиловий	3	1	0,5
Етиловий	4	5	5
Пил:			
Борошняний	4	0,5	0,150
Цукровий	4	0,5	0,5
Бенз – (а) - пірен	1	-	$1 \cdot 10^{-6}$

Характеристика скидів

Стічні води хлібозаводу є складною фізико-хімічною системою. В ній утримуються не лише розчинні частки, а й частки різної дисперсності (від 10^{-3} до 10^{-2} м). Крім зважених часток в ній міститься велика кількість забруднювачів органічного та неорганічного походження.

Стоки хлібозаводу - поживне середовище існування мікроорганізмів активного типу.

Виробничі стоки не мають порушувати роботу каналізаційних мереж, спричиняти корозію чи утворювати осад. Міські каналізаційні системи потребують підготовки стічних вод з заводу. Вони приймають стічні води без

механічної та біологічної очистки, але іноді є необхідність видалення жирових речовин.

В таблиці 6.2. приведені дані кількості стічних вод, що утворюються при виготовленні одиниці продукту.

Табл.6.2. Дані про кількість стічних вод, які утворюються на одиницю продукту

Підприємство	Одиниця продукції	Система водопостачання	Середньорічна кількість стічних вод, що спускаються у водойми на од. продукції.		
			Підлягають очищенню		Всього
			виробничі	побутові	
Х/З продуктивністю 126 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	0,83	0,35	1,18
ЗО	1 тонна вир.	прямоточна	1,89	0,98	2,87
Х/З кондитерським печом 46 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	1,7	0,79	2,49
40	1 тонна вир.	прямоточна	1,93	1,21	3,14

Несвоєчасна і неповна переробка вторинних матеріалів та відходів виробництва може привести до їх псування, а найголовніше до негативного впливу на навколишнє середовище.

Висновки до розділу:

Хлібопекарська промисловості не є значним забруднювачем навколишнього середовища. Головними забрудниками на даному підприємстві є силосо-просіювальне відділення, викиди під час бродіння тіста та його випікання, паливно-енергетичний комплекс. На всі вище згадані викиди, встановлені граничні значення, які відповідають екологічним нормам України.

Стічні води, підприємства скидаються в міську каналізацію, без очищення. Склад та параметри стічних вод у каналізаційній мережі мають відповідати вимогам складу стічних вод що надходять до каналізаційної мережі.

Розроблена конструкція апарату дозволяє вирішити ряд екологічних проблем: зменшити несприятливі викиди в навколишнє середовище, скоротити витрати електроенергії, більш раціонально використовувати природні ресурси, що разом приведе до поліпшення екологічної ситуації у регіоні.

Впровадження змішувальнобродильно-формуального агрегату в лінію хлібопекарського підприємства приведе до збільшення його продуктивності та як наслідок і прибутку.

В результаті розрахунку лінії недисконтований період окупності складе 2,36 року, а дисконтований період окупності – 3,95 року. Ці значення менші 5-ти років, періоду окупності в рамках життєвого циклу всього проекту.

Дивлячись на показники чистого приведенного доходу, період окупності проекту, індекс дохідності, а також індекс прибутковості, лінію можна рекомендувати до впровадження у виробництво.

ВИСНОВКИ

Виробництво батоноподібних булочних виробів пов'язане з використанням різнопланового та різнопрофільного обладнання для механізації процесів оброблення та транспортування тістових заготовок між різними видами обладнання. Процес замішування найбільш ефективно організувати безперервним способом із застосуванням робочих органів інтенсивної дії. Інтенсивність процесу замішування ґрунтується на детальному аналізі якісних перетворень. Найбільш ефективними є робочі органи кулачкового типу, які здійснюють оптимальний ощадливий вплив на тістову масу.

Експериментально досліджено поведінку газовмісної тістової маси під час випресовування через формувальний канал матриці та висунуто наступні вимоги до формувального каналу:

- канал має бути мінімальної довжини
- вхід в канал виконувати плавним;
- відносне розширення формувального каналу - 1,5-1,7;
- тангенс кута виходу із формувального каналу- 0,2-0,3;
- розширення каналу має бути в межах 2,5-3 діаметру.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень нами розроблено комплекс обладнання для багетів, який включає тістомісильну машину безперервної дії, яка забезпечує тристадійний режим приготування, камеру для бродіння та вузол формування з дозувальними елементами

Виробництво батоноподібних булочних виробів пов'язане з використанням різнопланового та різнопрофільного обладнання для механізації процесів оброблення та транспортування тістових заготовок між різними видами обладнання. На основі теоретичних та експериментальних досліджень нами розроблено комплекс обладнання для багетів, який включає тістомісильну машину безперервної дії, яка забезпечує тристадійний режим приготування, камеру для бродіння та вузол формування з дозувальними елементами

Список використаних джерел

1. Технологічні комплекси харчових виробництв. Навч. посіб. /В.І.Теличкун та інш. Київ: Видавництво «Сталь», 2017. 456 с.
2. Теличкун В.І., Теличкун Ю.С., Губеня О.О., Стефанов С., Дамянова С. Технологічне обладнання харчових виробництв Київ: Видавництво «Сталь», 2023. –634с.
3. Бетін С.І. Перспективні напрями модернізації машин для замісу тіста, 2 с.
4. О.Б. Пугаченко Особливості хлібопекарного виробництва та їх вплив на склад і облік запасів, Наукові праці КНТУ, Економічні науки, випуск 15, 2009, 317 с.
5. Янаков В.П. Аналіз фундаметальних досліджень у технологічній операції заміс тіста, Праці ТДАТУ, випуск 12, 227 с.
6. Дорик А. Інтенсифікація процесу замішування тіста, IV Всеукраїнська студентська науково - технічна конференція "Природничі та гуманітарні науки. актуальні питання", 13 с.
7. Т. В. Савченко Дослідження особливостей споживання та виробництва хлібобулочних виробів в Україні, Серія: Економіка та підприємництво, 2014 р., № 5, 111 с.
8. Костецька Н. І. Ринок хліба і хлібобулочних виробів України: стан і перспективи розвитку, Галицький економічний вісник, — Т. : ТНТУ, 2015. — Том 48. — № 1. — С. 26-31.
9. Янаков В.П., Івженко О.В. Основні підходи до аналізу тристадійної моделі замісу тіста, Праці ТДАТУ, 187 - 194 с.
- 10.Замковий Д.В. Технологія виробництва хлібобулочних виробів, 87 с.
- 11.Третяк К.О. Вдосконалення конструкції швидкісного змішувача для замісу тіста, 169 с.
- 12.І.М. Кикина, В.В. Гончарук Енергоефективність замішування тіста, Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 106 с.

- 13.О. Хом'як, В. Ворощук Аналіз процесу замішування тіста, Матеріали XVII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. 2013. Том I. Природничі науки та інформаційні технології, 99 с.
- 14.Кравченко О. І. інтенсифікація процесу та вдосконалення обладнання для замішування дріжджового тіста.
- 15.Mani K., Eliasson A., Lindahl L. Rheological properties and bread making quality of wheat flour doughs made with different dough mixers: book for university students: Cereal Chem. 1992. 225 p.
16. Wooding A. R., Martin R. J., Wilson A. J. Effect of sulphur-nitrogen treatments on work input requirements for dough mixing on second season: Proc. 44th RACI Cereal Chemistry Conference, F: 1994. 257 p.
- 17.Pareyt B. Impact of mixing time and sodium stearyl lactylate on gluten polymerization during baking of wheat flour dough: Food Chemistry: 2013. 179 p.
- 18.Лісовенко О. Т. Технологічне обладнання хлібопекарних і макаронних виробництв. / О. Т. Лісовенко, О. А. Руденко-Грицюк, І.М. Литовченко // – К.: Наукова думка, 2000. – 281с.
- 19.Shehzad A. Energetical and rheological approaches of wheat flour dough mixing with a spiral mixer: Journal of Food Engineering: 2012. 70 p.
- 20.Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва: Навч. посіб. — К.: Руслана, 1998. — 416 с.