

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

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра _____ машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

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

« ___ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Олександр ГАВВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності _____ 133 Галузеве машинобудування
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми _____ інжиніринг харчових виробництв

на тему: Дослідження зміни структурно-механічних властивостей під час замішування для створення тістомісильної машини безперервної дії продуктивністю 1300кг/год

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ЗОХ-2-1М

_____ Ізвольський Євген Андрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Теличкун Юлія Станіславівна _____
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____ Пономаренко В.В
(ім'я та прізвище) (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) незарядженої 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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр ГАВВА
“___” 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ізвольський Євген Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження зміни структурно-механічних властивостей під час замішування для створення тістомісильної машини безперервної дії продуктивністю 1300кг/год

керівник роботи Теличкун Юлія Станіславівна, ктн, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_08_” ___ 11___ 20_23_ р.
№_ 918-кс_

2. Строк подання здобувачем роботи 2 лютого 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Навчальна наукова та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Теоретичний аналіз процесу замішування пшеничного тіста та існуючих конструкцій безперервнодіючих тістомісильних машин, методика досліджень, моделювання процесу замішування пшеничного тіста, використання проведених досліджень для розроблення тістомісильної машини, економічна ефективність від практичного впровадження запропонованої конструкції машини, особливості охорони праці та довкілля, технологічний процес складання кулачкового робочого органу, висновки, література, додатки

5. Перелік графічного матеріалу

Лист 1-тістомісильна машина загальний вигляд лист 2, розріз тістомісильної машини, лист 3 дозувальна станція рідких компонентів, лист 4 кулачковий робочий орган, лист 5 технологія машинобудування

Анотація

Огляд літератури показав, що питання зміни властивостей тіста під час замісу кулачковими робочими органами вивчено недостатньо. Тому в магістерській дисертації було приділено увагу зміні реологічних властивостей тіста в процесі замісу.

Описано та досліджено ротаційний віскозиметр REOTEST 2 з конусно-пластинчастим робочим органом. Створено 3D-модель камери тістомісильної машини безперервної дії з кулачковим робочим органом і проведено моделювання процесу замішування тіста за допомогою програмного пакета FlowVision.

На основі проведеного дослідження запропоновано конструкцію двовальної тістомісильної машини з комбінованим робочим органом. Дана машина дасть змогу поліпшити процес замісу тіста і підвищити його якість. Таким чином, встановлення цієї машини дасть змогу комплексно механізувати й автоматизувати процес приготування тіста. Зменшення кількості обладнання на виробничій лінії призведе до скорочення виробничих площ і поліпшить економічні показники підприємства.

У магістерський проєкт також включено питання охорони праці, захисту довкілля та технічний маршрут складання вузлів тістомісильної машини.

Ключові слова: тістомісильна машина, замішування, моделювання, кулачки, вузел

Summary

Literature review has shown that the issue of changing physical properties of dough in the process of kneading under the influence of cam bodies is insufficiently studied. Therefore, in the course of the master's research attention was paid to the change of rheological properties of dough in the process of kneading.

The rotary viscometer RETEST2 was described and studied. A 3D model of a continuously operating dough rolling machine with cam bodies was created and the dough kneading process was simulated using the FlowVision software package.

On the basis of the conducted research the design of a double baking machine with combined working bodies was proposed. This machine improves the process of dough kneading and increases its quality. Therefore, the process of dough preparation can be mechanized and automated by installing this machine. By reducing the number of equipment in the production line, the production area can be reduced and the economic performance of the company can be improved.

The master's project also includes articles on labor protection, environmental protection and technical routes for the assembly of knives for dough kneading machines.

Key words: dough kneading machine, cams, knot kneading, modeling,

Анотація.....	4
Зміст.....	6
ВСТУП.....	8
1. Теоретичний аналіз процесу замішування пшеничного тіста та існуючих конструкцій безперервнодіючих тістомісильних машин....	10
1.1. Теоретичний аналіз процесу замішування пшеничного тіста	10
1.2. Огляд існуючого обладнання для замішування тіста.....	13
1.3. Робочі органи тістомісильних машинах безперервної дії	25
2. Методика досліджень.....	28
2.1 Експериментальна установка для безперервного замішування тіста.	28
2.2. Методика проведення моделювання плинину пшеничного тіста в камері замішування тістомісильної машини в програмному комплексі FlowVision.....	31
3 Моделювання процесу замішування пшеничного тіста.....	36
3.1 Вплив робочих елементів на процес замішування пшеничного тіста....	36
3.2. Дослідження методом імітаційного моделювання процесу замішування тіста кулачковими робочими органами з використанням програмного комплексу Flow Vision.....	41
4. Використання проведених досліджень для розроблення.....	49
тістомісильної машини	
4.1. Техніко-економічне обґрунтування розроблення конструкції.....	49
обладнання	

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Теличкун Ю.С	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Ізвольський Е.А	<i>Назва, додаткова назва</i> Розрахункова- ппагиплльип	222139.ДП.04.001.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> Гавва О.М.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 6/91

4.2.	Опис запропонованої конструкції тістомісильної інтенсивної.....	51
	машини для замішування тіста	
4.3	Розрахункова частина.....	54
4.4.	Монтаж та технічний сервіс обладнання для замішування тіста.....	64
5.	Економічна ефективність від практичного впровадження запропонованої конструкції машини.....	69
5.	Особливості охорони праці та довкілля.....	81
6.	Технологічний процес складання кулачкового робочого органу...	84
	Висновки.....	88
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Хлібопекарська галузь харчової промисловості — одна з найбільших галузей, підприємства якої виробляють різні види своєї продукції з продовольчого борошна.

Оскільки хлібобулочні вироби відіграють важливу роль у раціоні харчування населення, завдання полягає в тому, щоб повністю задовольнити попит населення на хлібобулочні вироби та поліпшити їхню якість, мінімізувавши споживання сировини та енергії.

Впровадження новітніх технологій має вирішальне значення для підвищення ефективності виробництва в хлібопекарській промисловості, та ефективності роботи технологічного обладнання.

У цьому напрямі далекосяжним підходом є використання сучасних тістомісильних машин із підвищеною інтенсивністю механічного впливу на тісто. Використання таких машин у тістомісильних машинах дасть змогу не тільки зменшити габарити тістомісильних машин і повністю автоматизувати процес приготування тіста, а й регулювати інтенсивність замісу та тривалість бродіння залежно від характеру борошна.

Процес змішування борошняних компонентів із рідкими продуктами, що містять мікроорганізми (дріжджі та молочнокислі бактерії) й активні ферменти. Крім механічного впливу, процес замішування здійснюється за правильної температури та структури, щоб забезпечити надходження поживних речовин до клітин мікроорганізмів, а також необхідний для бактерій волого-та газообмін

Раціональне проектування обладнання для замішування тіста та обґрунтування режимів їхньої роботи має починатися з глибокого вивчення характеристик технологічних сумішей і механізмів, за допомогою яких робочий орган машини впливає на них.

Для забезпечення раціонального функціонування всіх елементів

тістоготування необхідні нові ідеї для моделювання процесу змішування та додаткові експериментальні дослідження.

1. Теоретичний аналіз процесу замішування пшеничного тіста та існуючих конструкцій безперервнодіючих тістомісильних машин

1.1. Теоретичний аналіз процесу замішування пшеничного тіста

Під час машинного процесу замішування та утворення тіста під дією зовнішніх сил змінюються відстань між інгредієнтами суміші, внаслідок чого вони постійно деформуються, змінюючи свою форму та розмір.

Замішування - це процес отримання однорідного тіста з рівномірним розподілом компонентів з певними структурно-механічними властивостями.

Під час процесу замішування внаслідок складного та багатогранного впливу на масу із борошна та рідкої сировини формується пружно-в'язко-пластична структура, яка готова для подальшого технологічного процесу.

Існують моделі, які виокремлюють дві стадії замісу тіста: змішування сировини і пластифікація.

Хіміки-зерновики Кеннет Дж. Валентаса, Енріке Ротштейна та Р. Пола Сінгха виділили п'ять стадій формування тіста [16].

Для забезпечення тристадійного процесу замісу, що ґрунтується на сучасних розробках зарубіжних авторів Х. Чеснера і Н. Квенди, робочий орган складається з трьох частин, залежно від стадії замісу тіста [3,13].

Існують однофазний і багатофазний методи. За однофазного способу тісто готують в один прийом із борошна та іншої сировини відповідно до рецептури. За двофазного способу першу фазу готують із частини борошна і дріжджів, а після вистоювання додають борошно, що залишилося, та інгредієнти відповідно до рецептури для замісу другої фази тіста [13].

Способи приготування тіста залежать від виду і сорту борошна, виду продукту та рецептури.

Залежно від складу борошна пшеничний хліб готують на пресованих

або рідких дріжджах, а також на молочнокислій заквасці, а житній - на молочнокислій заквасці [1].

Тісто виготовляють за єдиною рецептурою, розробленою для кожного виду продукції. Єдина рецептура з технічними вказівками є частиною нормативного документа на конкретний вид продукції. У рецептурі вказано склад інгредієнтів і витрати на 100 кг борошна. Перелік і співвідношення інгредієнтів у тісті хліба залежать від виду хлібобулочного виробу. Наприклад, основні рецепти пшеничного хліба передбачають 0,7-3,0 кг дріжджів і 1,3-2,0 кг солі на 100 кг борошна. Крім дріжджів (2,0-5,0 кг) і солі (1,0-1,5 кг), до рецептури хлібобулочних виробів на 100 кг борошна входять цукор (5-30 кг), жир (6-25 кг), яйця і молоко.

У рецептах порційного приготування тіста витрата сировини на партію вказується відповідно до продуктивності машини по замісу. У разі безперервного приготування тіста в рецептурі вказується витрата сировини на хвилину замісу.

Поряд із рецептурою для кожного виду продукту розробляються параметри технічного режиму відповідно до технічної карти на виробництво цього продукту, з урахуванням якості обладнання та сировини.

Технічні параметри процесу включають вологість і температуру на стадії приготування тіста, час бродіння, кислотність, температуру бродіння і температуру випічки тістових заготовок.

Інгредієнти для тіста подаються спеціальними дозаторами. При порційному приготуванні тіста борошно подається за вагою, а решта інгредієнтів (дріжджова суспензія, сіль і цукровий розчин) - переважно за об'ємом. Отримане тісто має відповідати таким умовам:

- газоутворення в заготовках з цього тіста, коли вони починають вистоювання має бути інтенсивним, щоб забезпечити розпушування;

- реологічні властивості тіста мають бути оптимальними для проведення подальших операцій технологічного процесу: операцій поділу на шматки, формування, а також зберігання форми під час вистоювання і випікання;

- у тісті має бути достатня кількість цукрів і продуктів гідролітичного розкладу білків. Які необхідні для нормального забарвлення скоринки;

- •тіст
о має містити достатню кількість речовин, які дають смак і аромат.

Проаналізувавши деяку кількість робіт зрозумів що важлива роль в приготуванні тіста є механічна обробка.

Одним із найефективніших способів прискорення процесу приготування тіста та поліпшення якості хлібобулочних виробів є механічна обробка тіста в процесі замішування, яка може вплинути на структуру, фізичні та хімічні властивості хлібного тіста.

Одним зі способів прискорення процесу приготування тіста є інтенсивна механічна обробка та використання нових високошвидкісних тістомісильних машин. Замішування відбувається під час заповнення об'єму тістомісильної камери матеріалом за допомогою місильного органу, обертання якого спрямоване насамперед на створення напруги зсуву в оброблюваній масі.

1.2. Огляд існуючого обладнання для замішування тіста

Для замішування хлібного тіста використовують різноманітні конструкції змішувальних машин, які в залежності від конструкції робочих органів здійснюють різний механічний вплив на тісто. Як добре працюють тістомісильні машини визначають за показниками якості готових виробів.

З технічних причин тістомісильні машини повинні мати оптимальну конфігурацію місильного органу і швидкість обертання, що забезпечує досить інтенсивне змішування компонентів суміщі за короткий час. Швидкість обертання робочого органу повинна регулюватися залежно від типу оброблюваного матеріалу.

Перші тістомісильні машини безперервної дії з'явилися в нашій країні в 1947 році. Більшість тістомісильних машин мають кілька камер з різними типами місильних органів. В одній конструкції тістомісильної машини використовуються робочі органи, що належать до різних типів тістомісильних машин. Усі машини мають циліндричні тістомісильні камери або їхні елементи. Розглянемо деякі найпоширеніші конструкції тістомісильних машин безперервної дії у нас і за кордоном [3, 13] .

Тістомісильні машини А.А. Хренова - це високошвидкісні одновальні тістомісильні машини, призначена для замішування житнього та житньо-пшеничного тіста [3, 15].

В напівциліндричному корпусі 1 (рис. 1.1) розташований вал на якому встановлена трапецеподібна лопать 2, На кінці валу встановлено виток шнеку 4, який знаходиться всередині циліндричного сопла 5, на кінці якого знаходиться поворотний клапан 6. У кориті встановлено перегородку 3 для запобігання перетікання рідини вздовж корита. Борошно і рідкі компоненти подаються через форсунки 7 і 8. Замішування тіста відбувається досить швидко за рахунок високої частоти обертання місильних лопатей.

Невелика площа місильної лопаті дає змогу замішувати на високій швидкості, не захоплюючи за собою всю масу інгредієнтів.

Перший етап замісу, змішування інгредієнтів, відбувається швидше і повніше, а другий етап, здійснюваний тим самим типом лопатей, дає змогу проводити високошвидкісний заміс за відносно низького енергоспоживання. Недоліком цієї машини є те, що силу лопаті не можна регулювати незалежно для кожної зони. Крім того, у машині поки що не вирішено проблеми, пов'язані з очищенням робочої камери та шнека від тіста.

Основними перевагами машини є компактність і висока продуктивність. Наприкінці процесу замішування вмикається шнек, який певною мірою пластифікує тісто.

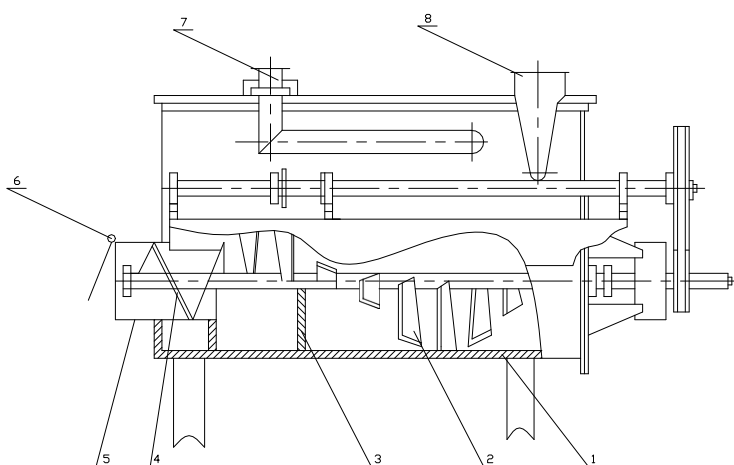


Рис.

1.1. Тістомісильна машина системи “Хренова”

Тістомісильна машина ФТК-1000 (рис. 1.2.) [3,13].створена в Угорщині. Вона може використовуватися для інтенсивного замішування пшеничного та житнього тіста.

← 950 →

↑
Ø200
↓

Рис. 1.2. Конструкція тістомісильної машини ФТК-1000:

1 - місильний вал; 2 – шнековий елемент; 3-місильна камера; 4 - охолоджувальна сорочка; 5 - лопаті змішувальні; 6 - конічна насадка; 7 - патрубок пластифікації.

Тістомісильна машина ФТК-1000 [3,13] з циліндричною змішувальною камерою 3 з порівняно невеликого діаметру (200 мм), яка оснащена охолоджувальною сорочкою. На внутрішній поверхні змішувальної камери закріплені штифти. Для очищення камера розкривається на дві половини, повертаючись на шарнірі. На змішувальному валу 1 встановлено виток шнека та насадка з місильними лопатями 5. Камера змішування закінчується конічною насадкою 6, та переходить в патрубок пластифікації 7. За обертання місильного валу з частотою 200 об/хв тістомісильна машина забезпечує продуктивність до 1000 кг/год.

Вони компактні, надійні та прості в обслуговуванні, чищенні та ремонті.

І8-ХТМ КТІХП [3, 13].Пластинчасті змішувачі призначені для приготування рідких парів, стартових культур та інших компонентів зі змішаною вологістю 65-95 %.

Змішувач (рис. 1.3) складається з двох циліндричних робочих камер різного діаметра. У них встановлено консольний основний вал із перемішувальними елементами. Перша камера попереднього змішування має менший діаметр і спіралью розташований циліндричний стрижень, закріплений на робочому валу. Друга гомогенізуюча камера має більший діаметр, а на валу закріплена робоча плита для високоміцного замісу. Борошно подається в камеру по трубах за допомогою стандартного роторного дозатора А2-НТТ з індивідуальним приводом і незалежним

управління подачею. Рідкий компонент подається по трубах до розподільного пристрою. Суміш вивантажується через зливну трубу, оснащену шнековим пристроєм, який дає змогу регулювати час замісу, змінюючи рівень суміші в робочій камері. Для стабілізації рівня зливу використовуються решітки. У корпусі змішувача є вікно для спостереження за умовами роботи. Приводний двигун розташований у рамній шафі.

Цей міксер ефективний для бактеріальних середовищ, що містять дріжджі, молочну, оцтову кислоту та інші мікроорганізми. Він забезпечує високий ступінь диспергування суміші за короткий час (80-180 секунд). Час перемішування може бути змінено за допомогою реверсивного електродвигуна з дистанційним керуванням. Інтенсивність змішування регулюється в діапазоні 3-30 секунд за допомогою тиристорного перетворювача.

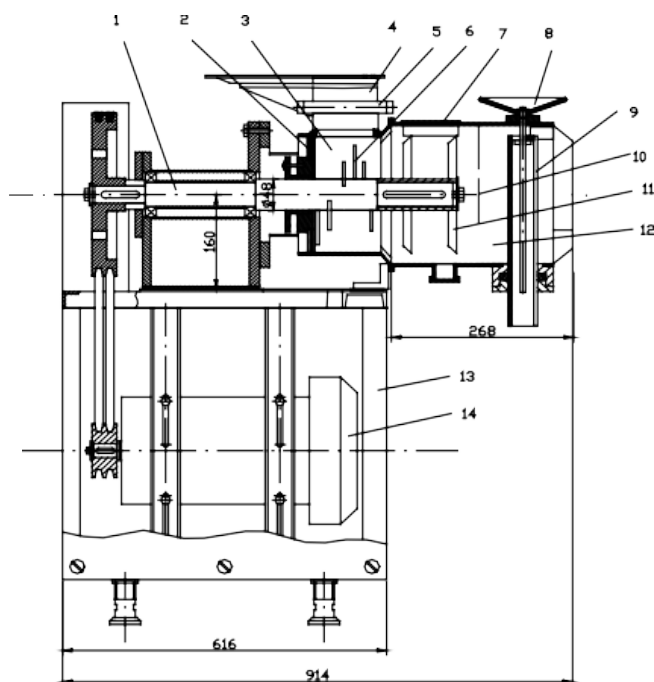


Рис 1.3. Тарільчастий змішувач для бактеріальних середовищ И8-ХТМ КТІХП:

1 – вал змішування; 2 – корпус камери замішування; 3 – камера для попереднього змішування; 4 – патрубок для подавання борошна; 5 - патрубок для подавання рідких інгредієнтів; 6 – стержні для інтенсифікації; 7 –

оглядове вікно; 8-гвинтовий пристрій для регулювання; 9 - зливний патрубок; 10 - решітка; 11 - місильна тарілка; 12 - камера гомогенізації; 13 - станина; 14 - електродвигун.

Швидкість реєструється на цифровому дисплеї автоматичним тахометром ЕТА-3А. Іншим варіантом є керування змішувачем за допомогою клиноремінного регульованого приводу. Таким чином, міксер можна налаштувати на раціональний режим роботи та інтегрувати в схему автоматизації. Ця машина є найбільш технологічною і може бути інтегрована в системи з автоматичним керуванням технологічними параметрами.

Тістомісильна машина Х-12 [3, 13]. - тихохідна, однокамерна машина. Вона призначена для змішування опари, пшеничного та житнього тіста та має продуктивність до 20 т/добу. Широкого поширення набула завдяки простоті конструкції та обслуговування.

Машина складається з напівциліндричної місильної ємності, в якій встановлено місильний вал 4 з лопатями 3. Зверху корито закривається відкидною кришкою.

Борошно подається в машину через прямокутне сопло 1 з двома ємнісними індикаторами рівня. Борошно подається через ротаційний живильник, що приводиться в рух від головного валу за допомогою кривошипно-шатунного механізму і клинопасової фрикційної передачі.

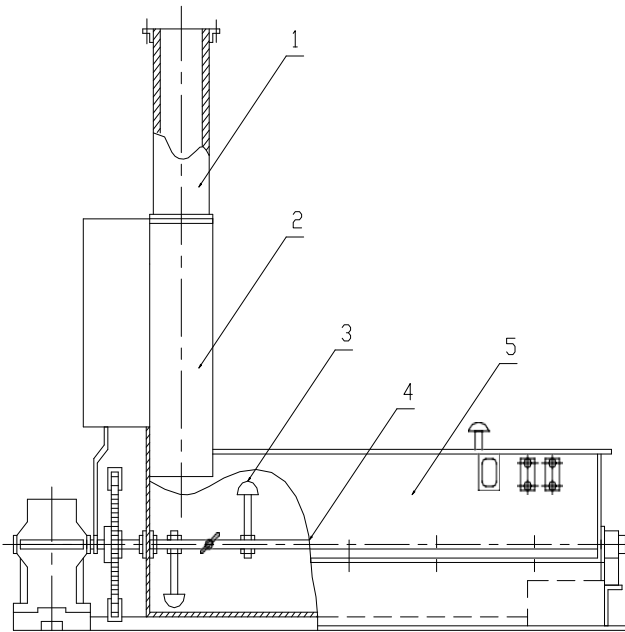


Рис. 1.4. Тихохідна тістомісильна машина X-12:

1 - патрубок для подавання борошна; 2 – барабанний дозатор борошна; 3 -змішувальні лопаті; 4 – місильний вал; 5 - змішувальне корито.

Над барабанним дозатором встановлена мішалка з коливальним рухом за допомогою системи важелів.

Тісто виходить із машини через вивантажувальний патрубок 6.

Машина приводиться в дію від електродвигуна та передавальні механізми: редуктор 7 і зубчасту передачу. На керівній панелі розташовані чотири крани-дозатори для рідких інгредієнтів. Робота машини полягає в наступному: усі інгредієнти, розділені з дозаторів, безперервно подаються в передню частину лотка 5, розділяються порогом, перемішуються лопатою 3 (закріпленою під кутом до осі валу) та переміщуються вздовж корита. Коли маса рухається до розвантажувального

патрубка 6, вона перемішується і пластифікується. Дезінфекцію машини можна проводити без демонтажу, що незручно. Недоліками цієї машини є відсутність інтенсивного перемішування тіста, нестабільна робота дозатора, що призводить до великих коливань складу, відсутність пристрою для регулювання швидкості обертання місильного валу і часу замісу.

Максимальна частота обертання місильного валу обмежена частотою 48 об/хв, а інтенсивність механічного впливу – зусиллям, яке утворюється в результаті тертя тістової маси по стінках місильної камери. В цьому випадку швидкість обертання валу не може бути збільшена для підвищення інтенсивності замішування. Тому для підвищення ефективності замішування можна подовжити корито для замішування і збільшити кількість лопатей. Швидкість обертання місильного валу також може бути збільшена, а інтенсивність підвищена завдяки зменшенню робочої площі місильних лопатей або встановленню гальмівних лопатей на стінках місильного жолоба.

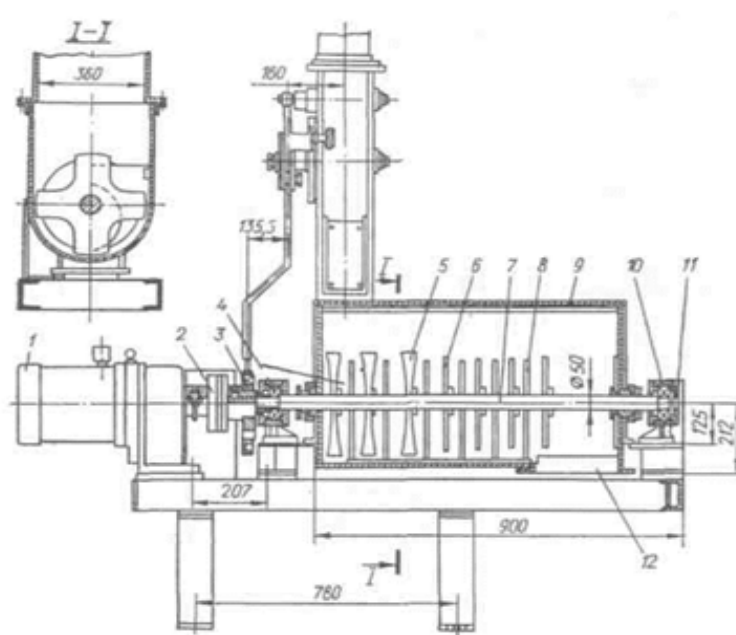
Тістомісильна машина А2-ХТТ [3, 13] (рис. 1.5). Ця машина спеціально для пшеничного тіста. Замішування відбувається послідовно у двох камерах одновальної системи. У першій камері змішування виконується чотирилопатеvim диском 5, а в другій - плоскими дисками 6 та гальмівними сегментами 8. Вал машини встановлено на двох підшипниках 10, які відокремлені від робочої камери.

Привід машини здійснюється двигуном-редуктором 1 через муфту 2.

Роторний дозатор борошна приводиться в дію за допомогою ексцентрика 3, важелів та храпової передачі від приводу тістомісильної машини.

Працює машина наступним чином: борошно, яке безперервно подається дозатором та рідкі інгредієнти, які подаються в змішувальну камеру станцією для дозування рідких компонентів, де перемішуються чотирилопатеvim дисками та переміщуються в осьовому напрямку. Потім тісто продавлюється в щілині між плоскими дисками та встановленими на боковій поверхні гальмівними сегментами внаслідок знакопостійних зсувних деформацій, це створює гарні умови для орієнтації та утворення клейковинного скелету тістової маси. Операція з утворення клейковини дещо завчасна, оскільки відбувається протягом 20—45

с від початку процесу замішування, коли білкові частинки борошна не встигли поглинути вологу по перерізу часток та не відбувся процес гідратації. Тісто на виході із камери намотується на вал, та за допомогою ножа знімається з нього та спрямовується в патрубок вивантаження 12. Інтенсивність процесу замішування за такої конструкції залежить від сили прилипання тіста до диску, та, в основному, визначається вологістю тіста, температурою та якістю і кількістю клейковини борошна і не регулюється пристроями, це не дозволяє використовувати переваги машини для



управління процесом замішування.

Рис. 1.5. Тістомісильна машина А2-ХТТ : 1 — двигун-редуктор; 2 — муфта; 3 — ексцентрик; 4 — камера змішування; 5 - чотирилопатеві змішувальні диски; 6 — диски; 7 — робочий вал; 8 — гальмівні лопаті; 9 — кришка корита; 10 — підшипниковий вузол; 11 — станина;

Тістомісильна машина И8-ХТА-12/1 [3, 13] (рис. 1.6). Це тихохідна, однокамерна, двовальна, машина з Т - подібними лопатями 5, які розміщені на паралельних валах 3, і лопаті одного валу проходить між лопатями іншого. Робоча камера закривається кришкою 4.

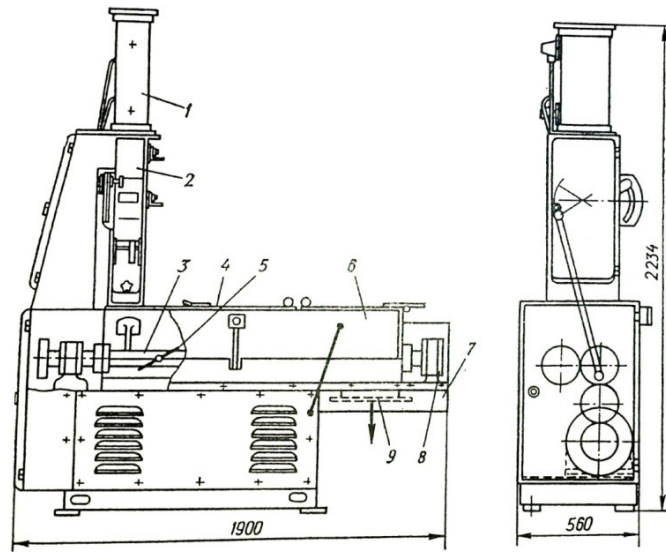


Рис.

1.6. Двовальна тістомісильна машина И8-ХТА-12/1

1 – патрубок для подавання борошна; 2 - дозатор борошна; 3 – місильні робочі вали; 4 - кришка коритоподібної ємності; 5 - місильні лопаті; 6 - місильна камера; 7 - станина; 8 - підшипниковий вузол; 9 - патрубок для розвантаження.

Борошно подається через форсунку 1 і обертний дозатор 2, швидкість подачі регулюється храповим пристроєм. Замішане тісто вивантажується через форсунки 9. Машина оснащена двошвидкісним приводом або трансмісією, за допомогою якої можна змінювати швидкість обертання місильного валу. Принцип роботи машини повторює застаріле рішення, оскільки не витримано основного принципу підтримання різної (розумної) частоти обертання та інтенсивності процесу замішування на різних стадіях процесу. Представлена конструкція машини не пристосована для проведення автоматичного контролю та регулювання процесу

замішування.

Безперервний змішувач Double “Clam Shell” Barrels. [11]

Безперервний змішувач Readco - двухшнековий змішувальний пристрій з кулачковими робочими органами, який призначений для одночасного безперервного змішування одного або декількох сухих компонентів з одним або декількома рідкими інгредієнтами та утворення однорідного продукту на випускному патрубку.

Змішувач Readco Continuous Processor використовується для змішування компонентів, утворення тістової маси та пластифікації.

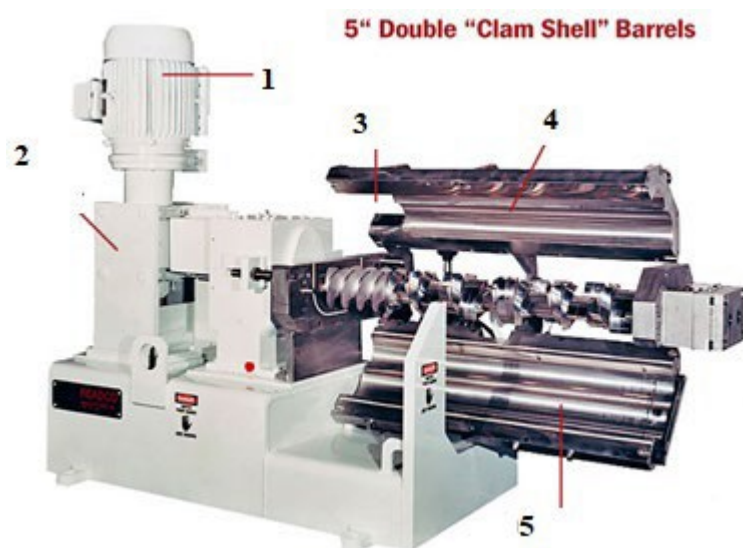


Рис .1.7.Конструкція змішувача Double “Clam Shell” Barrels.

1 – двигун; 2 – редуктор; 3 – місильні вали; 4 – верхня кришка; 5 – нижня кришка;

Безперервний змішувач VMI. [3, 11]

Змішувачі VMI забезпечують автоматизований контроль та впровадження однієї з найнадійніших технологій для всебічного вивчення всіх етапів виробництва хліба.. Оскільки вони контролюють різні параметри і явища, що відбуваються під час процесу замішування, ці мішалки набагато краще адаптовані до виробничих циклів в кілька тон тіста на годину.

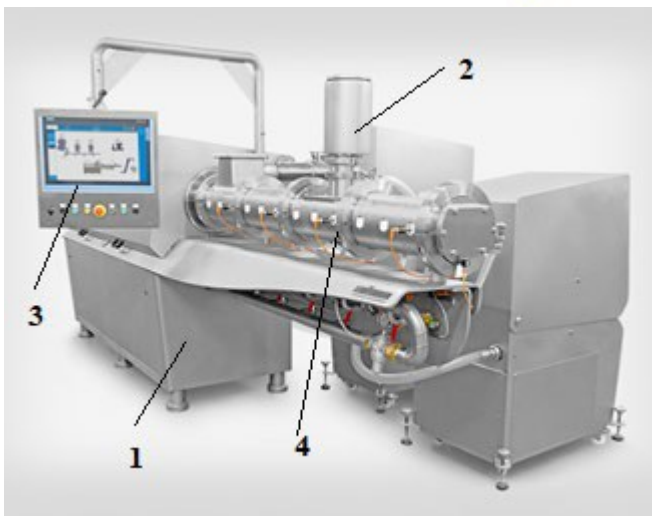
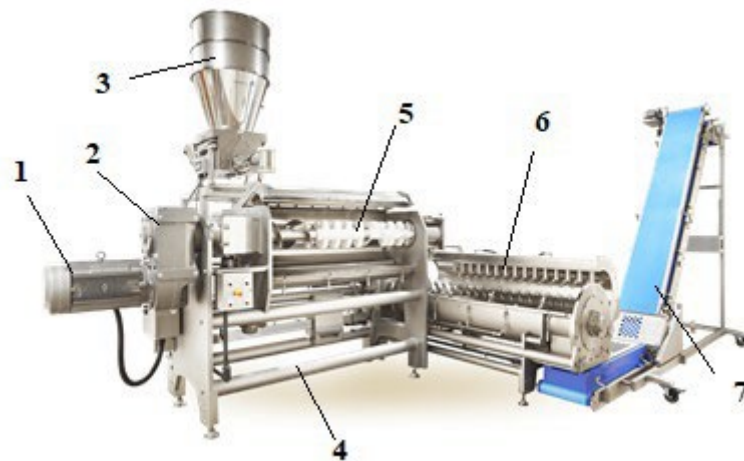


Рис. 1.8 Змішувачі VMI: 1 – корпус машини; 2 - дозатор борошна; 3 – автоматизоване керування процесом ; 4 – камера змішування.

Компанія Reading Bakery Systems [5]- світовий лідер у галузі технологій безперервного змішування. Наші точні системи безперервного змішування підходять для випічки, печива, крекерів, кондитерських виробів, піци, тортильї, ласощів для тварин і хлібобулочних виробів. Ми також пропонуємо рішення для безперервного змішування непекарних продуктів, як-от протеїнові батончики, арахісове масло, глазур і ласощі для тварин.



1 - двигун; 2 - редуктор; 3 – дозатор борошна ; 4- корпус машини; 5 –камера попереднього замішування; 6 –камера остаточного замішування; 7 – конвеєр для вивантаження.

1.3 Робочі органи тістомісильних машинах безперервної дії

Були вивчені конструкції тістомісів, і з'ясувалося, що всі вони інтенсивно замішують тісто і пластифікують його, пропускаючи через труби і насадки. Робочим органом є шнек. Тому необхідно проаналізувати базову конструкцію робочого органу шнека.

Шнек [3] може мати різну геометрію рис. 1.10.

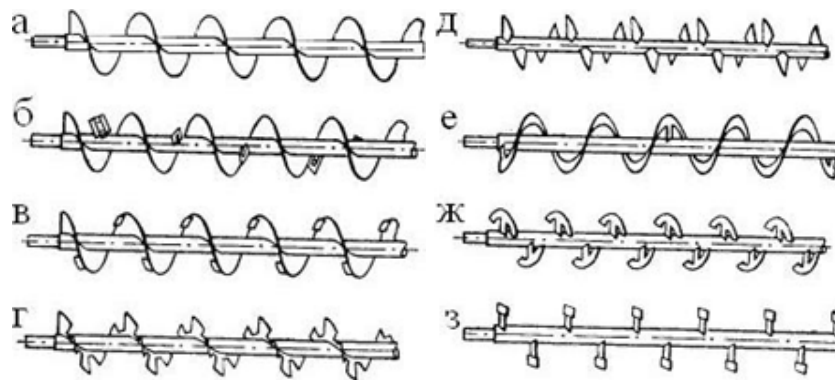


Рис.1.10. Геометричні форм шнекових робочих органів.

Транспортувальний шнек рис.1.10.а. який утворюється монтажем напрямних пластин, кулачків та лопатей рис.1.10 б, в. Ускладнюється транспортування сипкого матеріалу та досягається більший змішувальний ефект. Поліпшення змішувального ефекту досягається виконанням прорізів (пазів) в витках шнеку (рис.1.10.г) ., які сприяють обміну сипким матеріалом. Якщо канали прорізати до шнекового валу, в цьому випадку гвинтова нарізка шнеку перетвориться в окрему змішувальну лопать (рис.1.10.д.). Якщо гвинтова спіраль буде неповною, а у відповідності до рис.1.10.е, із стрічкової нарізки, тоді за допомогою прорізів в стрічковій нарізці отримаємо лопатевий шнек рис.1.10.ж. Зробивши ділянки стрічкової гвинтової нарізки ще більш короткими, то отримаємо змішувальний вал з лопатками рис.1.10.з., який

характерний для змішувачів інтенсивної дії. Всі види шнеків, представлені на рис. д, ж, і з визначаються терміном лопатевий шнек. Робочі органи всіх шнекових змішувачів для сипких продуктів за принциповою конструкцією підпадають одній зі схем на рис.1.10. чи комбінацією цих різноманітних основних форм. Часто об'єднують також два шнеки в одному змішувальному

пристрої, які обертаються, як правило, назустріч один одному, та шнеки встановлюються в спареному корпусі.

Конструкції робочих органів

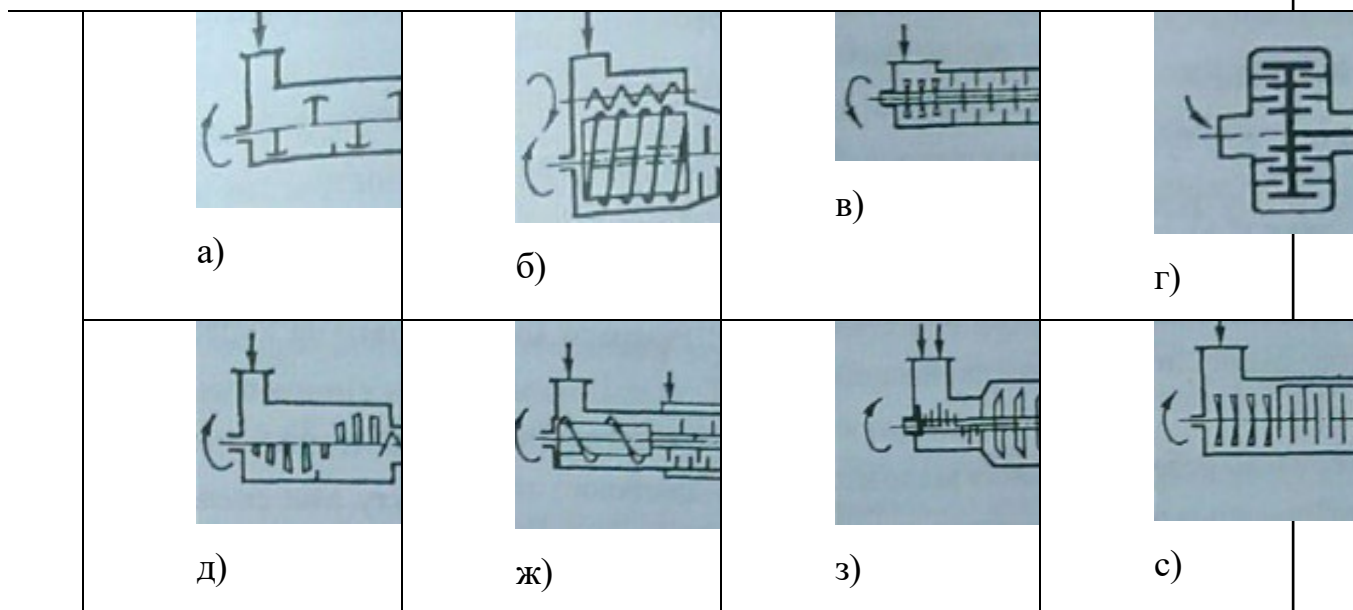


Рис. 1.11 Конструкції робочих органів в тістомісильних машинах безперервної дії: а) - одновальна однокамерна тихохідна тістомісильна машина Х-12 з робочими органами у формі лопатей;

б) двокамерна машина “Контінуа” інтенсивної дії, в другій камері окрім рухомих лопатей додатково встановленні, ще й нерухомі.

в) штифтовий малогабаритний змішувач ФКТ-1000 високої

інтенсивності .

г) змішувальна машина з дисковим ребристим ротором, який утворює лабіринтні камери.

д) двовальна машина з лопатями трапецеподібної форми.

ж) тістомісильна машина інтенсивної дії з місильним валом, який розміщений консольно та пальцевими робочими органами.

з) високоінтенсивний змішувач вібраційного типу з робочими органами у вигляді тарілок.

с) дискова одновальна машина конструкція

Висновки

Аналіз літератури показує, що властивості тіста, як твердого, так і рідкого, являють собою складні системи. Тісто зазнає фізико-хімічних змін під впливом мікробіологічних, колоїдних і біохімічних процесів одночасно.

У процесі виготовлення продукту відбувається безліч технічних операцій, але основною операцією є заміс тіста, який впливає на реологічні властивості та в процесі впливає на якість кінцевого продукту.

Тістомісильні машини безперервної дії, які використовуються для замішування тіста в великих об'ємах , відрізняються між собою конструкцією. Для того щоб зменшити витрати на виробництво хлібобулочних виробів без зниження якісних властивостей треба шукати шляхи інтенсифікації процесів замішування.

Для покращення процесу готування тіста для інтенсивного процесу замішування потрібно нові конструкції органів змішування, однак задача ускладнена тим, що відсутня єдина теорія процесу замішування. Також

актуальними є дослідження безперервного процесу замішування пшеничного тіста та вивчення реологічних характеристик, розглядаючи тісто як неньютонівську псевдопластичну рідину..

Мета кваліфікаційної роботи. Моделювання процесу замішування тіста програмою Flow Vision в робочій камері тістомісильної машини безперервної дії з кулачковим робочим органом. Розробка робочого органу для використання в тістомісильних машинах безперервної дії.

2 Методика досліджень

2.1. Експериментальна установка для безперервного замішування тіста

Для дослідження процесу замісу дріжджового тіста нами було створено експериментальну машину безперервної дії з двовісним робочим органом (рис. 2.1). Використовуються такі місильні елементи: штифти з різним кроком (пальці), шнеки та кулачкові робочі органи різної конфігурації

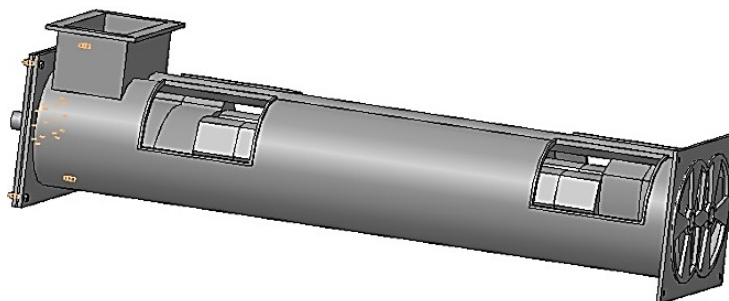


Рис. 2.1. Експериментальна установка безперервної дії з двовальними робочими органами.

Для розв'язання проблеми інтенсифікації процесу замісу під час безперервної випічки було досліджено кулачковий шнек і пальцевий елемент.

шнекових (рис.2.2.), кулачкових (рис.2.3), пальцевих робочих органів

(рис.2.4.) та їх впливу

замішування на якість напівфабрикату та готового виробу в цілому.

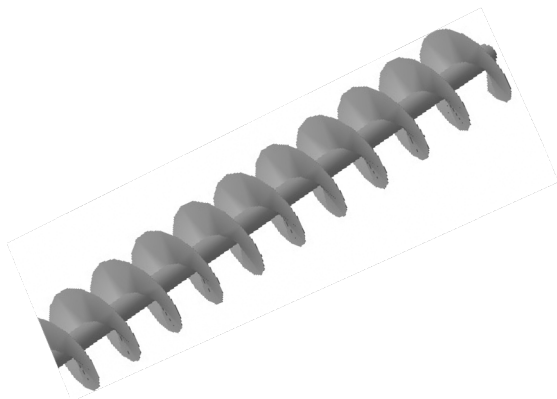


Рис.2.2. Шнековий робочий орган.

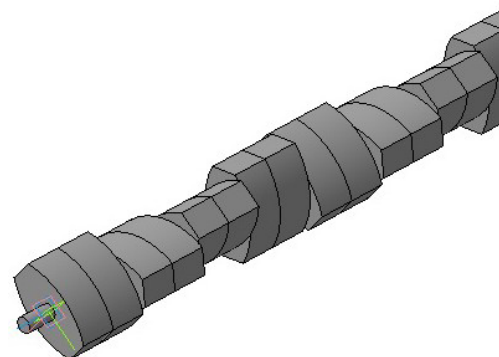


Рис.2.3. Кулачковий робочий орган.

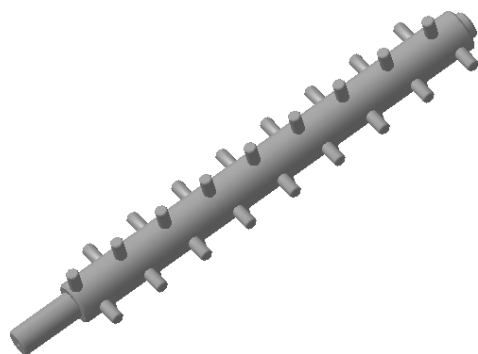


Рис.2.4. Пальцевий робочий орган.

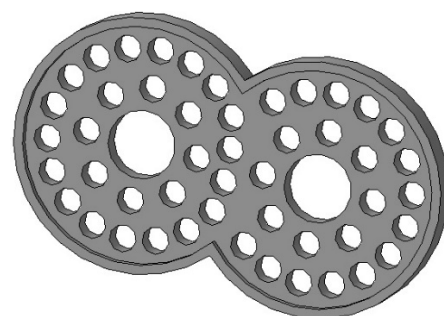


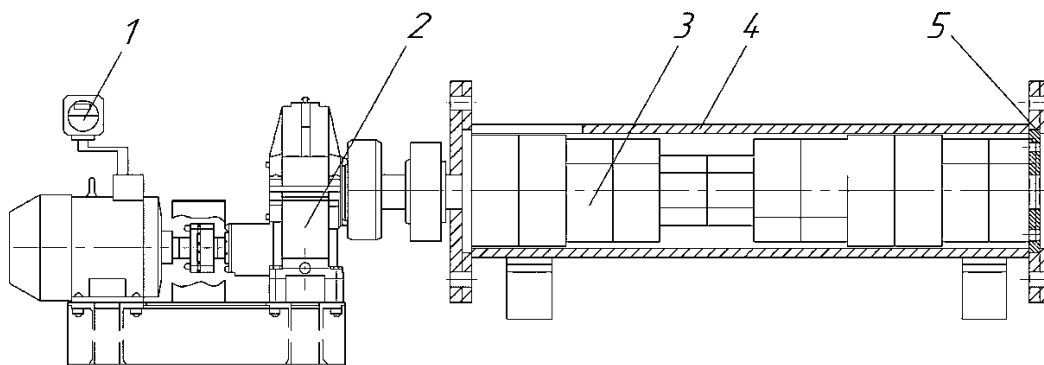
Рис.2.5. Стабілізуюча решітка.

Крок робочого органу змінювався, а площину живого перерізу решітки (рис. 2.5) регулювали на виході дріжджового тіста після замісу. Крок робочого органу змінювався від 18 до 36-54 мм, а площа живого перерізу - від 2,5% до 5,1%-7,6% від загальної площі решітки на виході тіста.

Для регулювання продуктивності на експериментальній установці використовувалися стабілізуючі решітки (рис. 2.5). За допомогою

стабілізуючої решітки отвори блокувалися, змінювався час замісу тіста і продуктивність. Під час замісу тіста вимірювалися витрата енергії на заміс, вологість, час, температура і структура тіста. У готовому продукті вимірювали пористість і досліджували структуру продукту.

Експериментальна установка проста в експлуатації, її можна легко розібрати і зібрати під час заміни робочого органу. Випускний отвір



оснащено решіткою для регулювання продуктивності.

Рис.2.6. Схема експериментальної установки:

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

Експериментальна установка працює так: сировина надходить до приймального бункера, після чого відбувається процес замісу за допомогою робочих органів та їхніх ударів, після чого тісто виходить через стабілізуючу решітку.

Потужність, що витрачається на заміс, вимірювалася робочим органом (шнеком, пальцями і кулачком) за допомогою приладу для вимірювання потужності (ватметра), підключеного до двигуна тістоміса за відповідною схемою.

2.2 Методика проведення моделювання плину пшеничного тіста в камері замішування тістомісильної машини в програмному комплексі FlowVision

програмному комплексі FlowVision.

Використовуємо програмний комплекс FlowVision, який призначений для моделювання тривимірних течій газу та рідини в технічних і природних об'єктах з можливістю візуалізації подібних течій методами комп'ютерної графіки.

Потоки моделювання включають стисливі, та які не стискаються, стійкі та нестійкі рідини та газу.

Використання різних моделей турбулентності та адаптивних обчислювальних сіток дає змогу моделювати складні рухи рідини, зокрема сильну завихреність, горіння і течії на вільній поверхні.

FlowVision заснований на методі конічних об'ємів для розв'язання гідродинамічних рівнянь і використовує прямокутні адаптивні сітки для локального розбиття. Для апроксимації криволінійних форм із високим ступенем точності FlowVision використовує технологію сегментованих сіток. Ця технологія дає змогу імпортувати геометрію із систем автоматизованого проєктування й обмінюватися інформацією із системами скінченно-елементного аналізу. Ця технологія дає змогу розв'язати проблему автоматичної генерації сітки. Для генерації сітки задаємо кілька параметрів, після цього сітка автоматично генерується для різної складної геометричної області проєктування.

Постановка задачі

Завдання полягає в тому, щоб за допомогою пакета FlowVision змоделювати процес замішування тіста, включно зі спостереженням за

динамікою тістової маси й аналізом потоку.

Етапи проведення експерименту в програмному комплексі FLOWVISION

1. Створення геометричної моделі

1.2. Створюємо камеру змішування тістомісильної машини в CAD.

1.3. Створюємо робочий орган валу тістомісильної машини (кулачок).

2. Імпорт створеної моделі в програму FLOWVISION

2.1 Створені CAD-моделі імпортуються в програму FLOWVISION та об'єднані в єдиний об'єкт для моделювання процесу змішування кулачковими робочими органами.

2.2 Модель в масштабі один до одного.

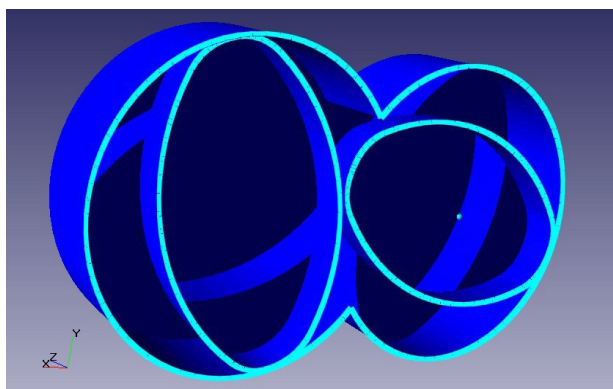


Рис.2.

4 Модель камери змішування тістомісильної машини.

3. Математична модель

Програмний пакет використовує цей набір формул для опису фізичних

властивостей суміші.

Физические свойства многокомпонентной смеси определяются следующим образом:

Определение	Название	Переменная	Размерность
$\lambda = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \lambda_i$	Коэффициент теплопроводности		[Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹]
$\mu = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \mu_i$	Динамическая вязкость		[кг·м ⁻¹ ·с ⁻¹]
$C_p = \sum_{i=0}^{N-1} y_i C_p^{(i)}$	Удельная теплоемкость		[Дж·кг ⁻¹ ·К ⁻¹]
$\rho = \left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{y_i}{\rho_i} \right)^{-1} = \sum_{i=0}^{N-1} x_i \rho_i$	Плотность	Плотность	[кг·м ⁻³]
$M = \left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{y_i}{M_i} \right)^{-1}$	Молярная масса		
$h = \sum_{i=0}^{N-1} y_i h_i$	Энтальпия	Энтальпия	[м ² ·с ⁻²]

Рисунок 2.5 Формули, що описують поведінку сумішей FLOWVISION.

Тісто розглядали як нестисливу в'язку рідину, а для моделювання течії в'язких рідин і газів використовували рівняння Нав'є-Стокса.

4. ВИБІР МОДЕЛІ ТА РЕОЛОГІЧНИХ АРАКТЕРИСТИК

Моделювання потоку в'язкої нестисливої рідини поблизу тіста, а значення густини встановлено на 1050 у вкладці "Густина" вікна "Речовина 0" і на 1000 у вкладці "Молекулярна в'язкість". Ці дані зумовлені тим, що кулачковий робочий орган розташовано в середині машини і тістова маса вже перебуває в стані замісу після початкової фази замісу.

5. Задання граничних умов

Виберіть Wall (Стіна) у полі Boundary type (Тип кордону).

У полі "Каламутність" виберіть "Значення в комірці поруч зі стіною".

У полі "Каламутність" виберіть "Значення в комірці поруч зі стінкою".
Граничні умови для виходу вільної рідини

У полі "Тип межі" виберіть "Вільний вихід".

У полях "Швидкість", "Енергія турбіни" і "Дисипація турбіни" виберіть "Нульовий тиск/вихід", "Нульовий потік" і "Залиште значення "Нульовий потік (Zero flow)".

Граничні умови на вході рідини

У полі "Тип межі" виберіть "Впуск/випуск".

У полі "Швидкість" виберіть "Нормальна швидкість".

6. Задання початкової розрахункової сітки

Розрахункова сітка на початку прямокутна. Розрахункова сітка має три вкладки: "X-напрямок", "Y-напрямок" і "Z-напрямок". "X-напрямок" - це координата X у площині, перпендикулярній осі X. Осі мають однакове значення у двох інших вкладках. Необхідна кількість площин має бути рівномірно розподілена.

У демонстраційній версії FLOWVISION існує обмеження на загальну кількість комірок - 15 000. Тому під час вибору щільності сітки необхідно переконатися, що добуток кількості комірок за трьома осями не перевищує 15 000.

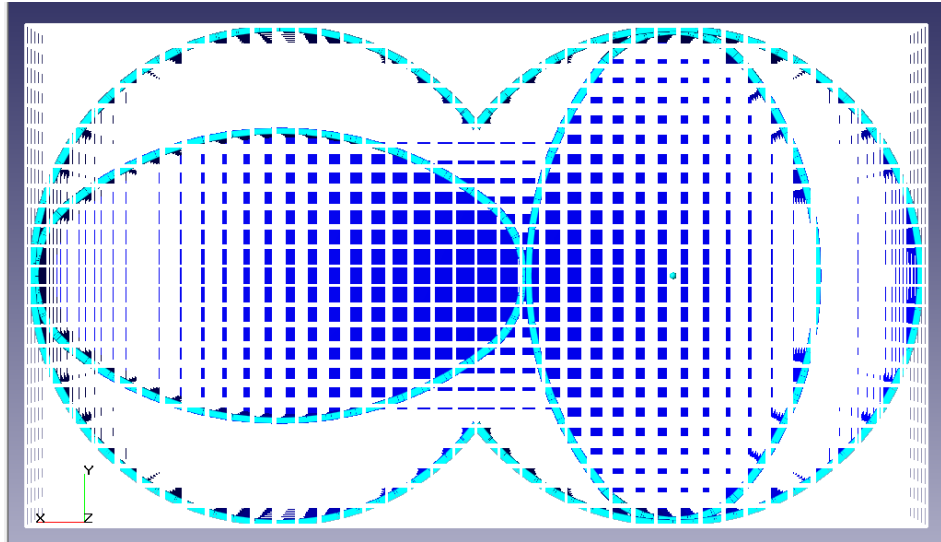


Рис.2.

6 Розрахункова сітка.

X - напрямок - 40

Y - напрямок - 25

Z - напрямок – 15

7. Вибір кроку за часом обчислювального алгоритму

Тимчасові кроки програма обирала автоматично, щоб уникнути конфліктів у розрахунках.

8. Запуск варіанта на проведення розрахунку.

Процес замішування тіста змодельовали в програмному пакеті FLOWVISION, було введено початкові та граничні умови, унаслідок чого було отримано шари швидкості, тиску та дисипації.

Висновки до розділу:

Ми створили 3D-модель в FlowVision, щоб дослідити процеси течії тіста в камері під час оброблення корпусів кулачків.

3 Моделювання процесу замішування пшеничного тіста

3.1 Вплив робочих органів на процес замішування пшеничного тіста

Посилення процесу механічного оброблення - є одним із напрямків удосконалення тістомісильних машин. Нами досліджено вплив різних конструкцій робочих органів на структуру тіста в процесі замісу та отримано криву течії тістової маси (рис. 1). У результаті дослідження встановлено, що в межах досліджуваної зони характер течії тістової маси не змінюється, незалежно від часового інтервалу вимірювання.

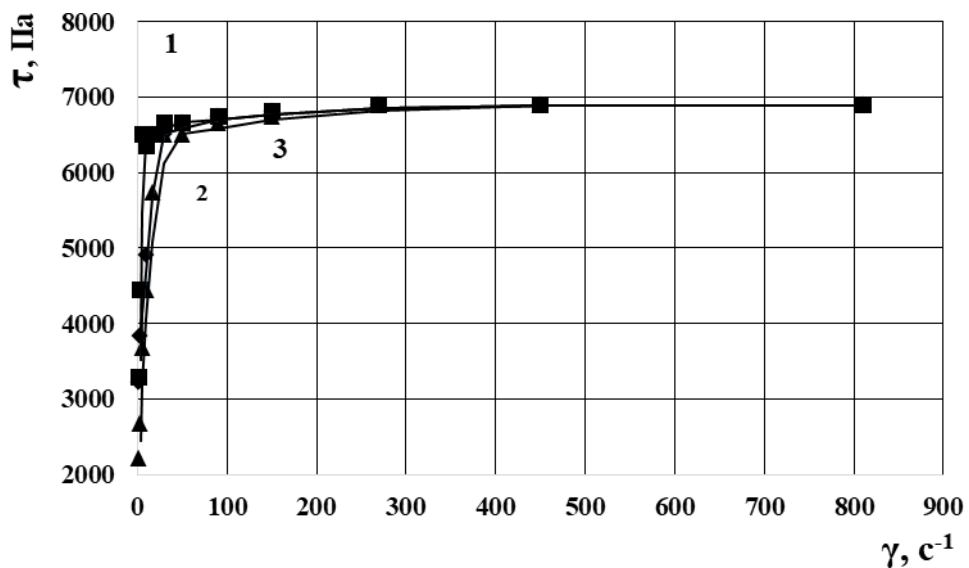


Рис.3.

5. Залежність напруження зсуву від швидкості зсуву для течії тістової маси в

камері змішування під впливом робочих елементів різної конфігурації (1- кулачковий; 2 - шнековий; 3 - пальцевий).

Гомогенна структура тіста, сформована на етапі пластифікації - стабільна система, зміна швидкості зсуву відразу переводить її новий структурний стан..

Вважається, що криві течії мають властивості закону потужності.

Неньютонівські тіла характеризуються ефективною (або уявною) в'язкістю, тобто відношенням напруження зсуву до швидкості зсуву.

Отримані експериментальні дані засвідчили зміну ефективною в'язкості тіста в процесі замісу та її залежність від швидкості зсуву, що підтверджує неньютонівський характер кривої масової витрати тіста під час замісу з різними конфігураціями робочих органів (рис. 2).

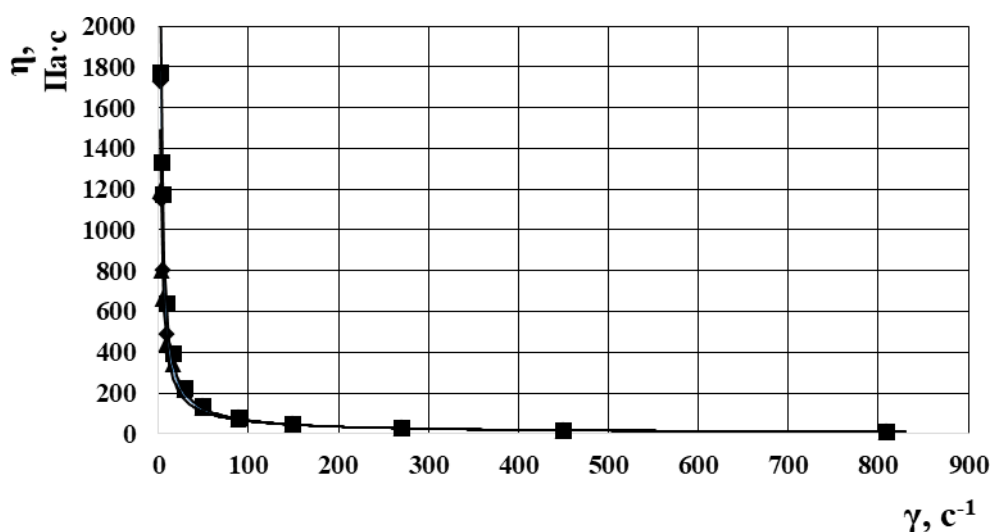


Рис.3.6. Зміна ефективною в'язкості тіста в залежності від швидкості зсуву

Зале

жність ефективної в'язкості від швидкості зсуву не залежить від типу робочого органу під час замішування дріжджового тіста , а лише від швидкості зсуву і описується однією закономірністю для робочих елементів різної конфігурації.

Зі збільшенням швидкості зсуву ефективна в'язкість значно знижується. За низької в'язкості стінки пор легко руйнуються під дією надлишкового тиску газоподібного продукту. Замішування дріжджового тіста слід проводити за високої в'язкості, у цьому разі дрібнозерниста структура хліба і підвищений об'ємний вихід не спостерігаються. Через 1-2 хвилини після замісу змішані інгредієнти утворюють зв'язану масу. Під час подальшого замісу тістова маса набуває певної еластичності за рахунок процесу набухання і дії гідролітичних ферментів. Після замішування дріжджового тіста протягом 4-5 хвилин консистенція тіста поступово зменшується внаслідок поглиблення ферментативного та механічного розщеплення білків, що переважає в цей час.

Експериментальні дані опрацьовані та зведені до гістограми (Рис.3.3) залежності питомої роботи за використання робочих органів різної конструкції та живого перерізу решітки на виході із тістомісильної машини.

Дослідження проводили за живого перерізу (відсоток від загальної площі вільних отворів решітки, через які виходить тісто до загальної площі решітки) решітки: 2,5 5,1 та 7,6% .

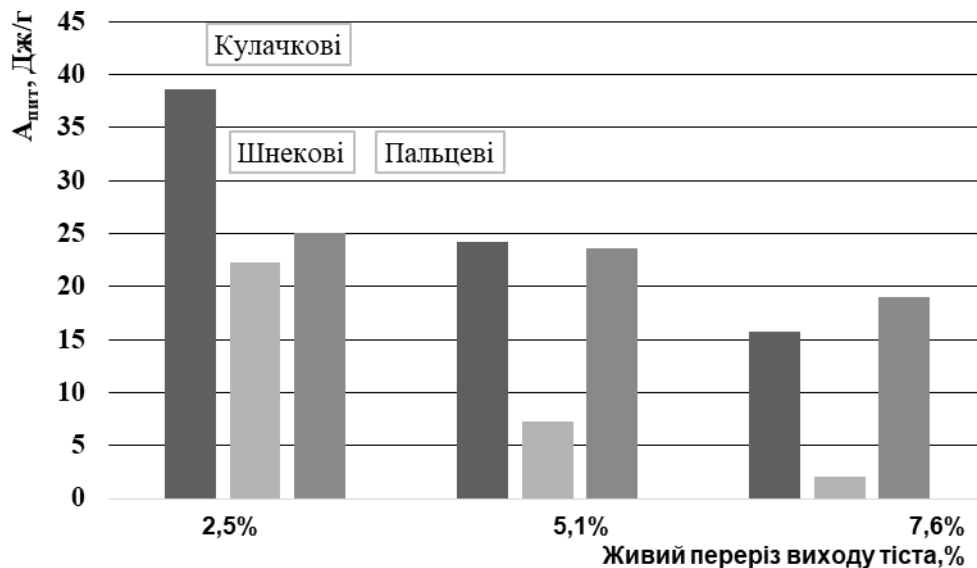


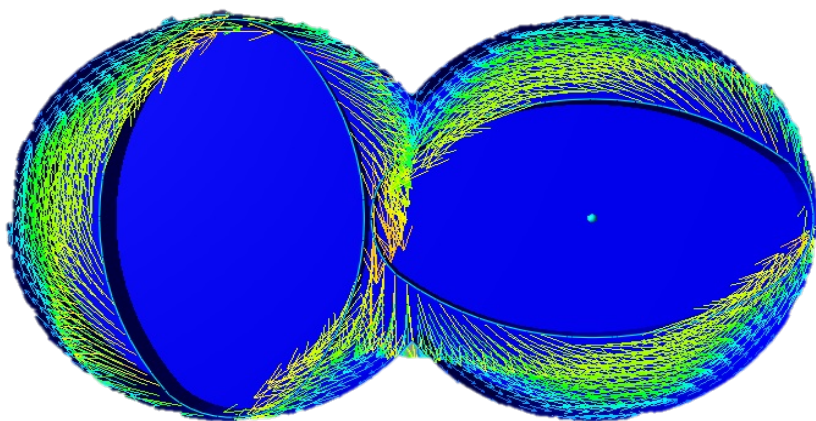
Рис.3.7 Питома робота замішування за використання робочих органів різної конструкції та змінного живого перерізу стабілізуючої решітки.

Високі показники питомої роботи спостерігаються під час замішування пшеничного дріжджового тіста робочими органами різної форми за значення стабілізуючої решітки 2,5%, а витрати питомої роботи становлять від 22 до 37 Дж/г. За таких параметрів тістомісильні машини безперервної дії за інтенсивністю належать до надшвидкісних. Зі збільшенням площі проходу стабілізуючої решітки витрата питомої роботи знижується, це пов'язано зі скороченням часу замісу і прискоренням проходження тіста через тістомісильну камеру. За використання пальцевих робочих органів питома робота перебуває в діапазоні 2-7 Дж/г, та за таких параметрів впливу на тісто тістомісильна машина класифікується як тихохідна. Виняток становить заміс із пальцевими робочими органами за перерізу решітки 2,5%, де питома робота досягає 22 Дж/г за таких параметрів, і в цьому разі тістомісильна машина класифікується як високошвидкісна. За використання шнекових робочих елементів в

тістомісильній машині, її можна віднести до швидкохідних, оскільки показники питомої роботи в даному випадку сягають 18-25 Дж/г.

3.2. Дослідження методом імітаційного моделювання процесу замішування тіста кулачковими робочими органами з використанням програмного комплексу Flow Vision

Швидкість течії маси тіста в камері тістомісильної машини з



Швидкість [м/с]

Цвет	Значение
Red	0.8
Orange	0.72
Yellow	0.64
Light Green	0.56
Green	0.48
Cyan	0.4
Light Blue	0.32
Blue	0.24
Dark Blue	0.16
Very Dark Blue	0.08
Black	0

кулачковими робочими органами

Рис.3.8. Вектори швидкості потоку тістової маси в камері тістомісильної машини.

Процес замішування тіста робочим інструментом супроводжується зміною коефіцієнта транспортування залежно від швидкості, що показано на графіку на рисунку 3.9.

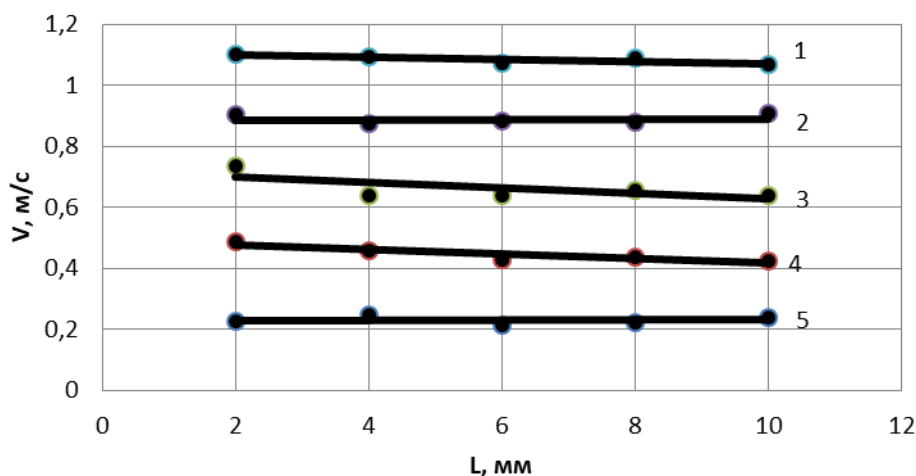


Рис .3.9. Швидкість руху тістової маси в об'ємі робочої камери: 1 - 100, 2 - 80, 3 - 60, 4 - 40, 5 - 20 об/хв.

Данні залежності носять лінійних характер та мають вигляд:

$$V = -0,0037L + 1,1061$$

$$V = 0,0006L + 0,8848$$

$$V = -0,0089L + 0,7158$$

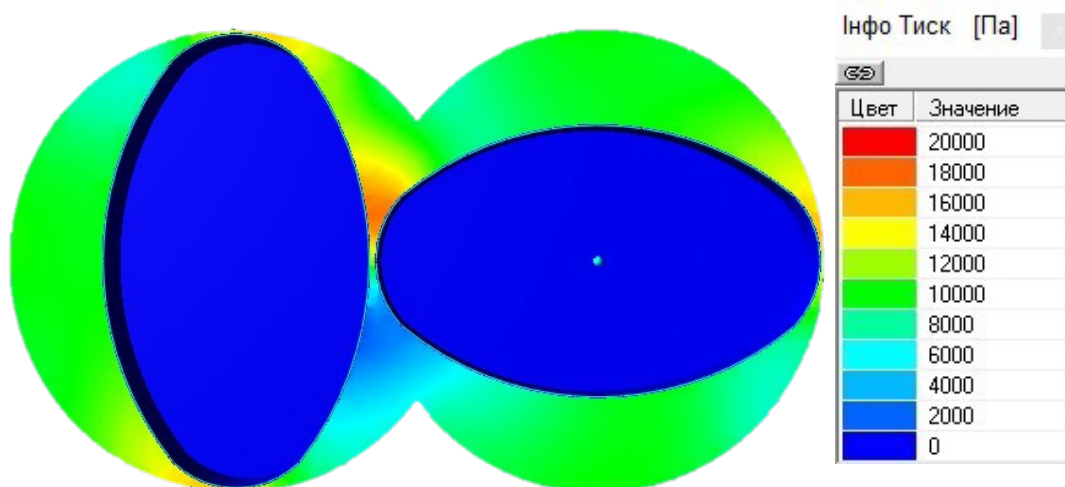
$$V = -0,0072L + 0,4907$$

$$V = 0,0002L + 0,2298$$

Отримані залежності, тобто $V = 0,0006L + 0,8848$ і $V = 0,0002L + 0,2298$, відповідають 80 і 20 об/хв, за яких спостерігається позитивний рух у камері тістоміса в усьому діапазоні зміни зазору, тоді як швидкості 40, 60 і 80 під час роботи тістоміса безперервної дії мають від'ємні значення переміщення під час збільшення зазору між тілами.

Тиск, який створюється в робочій камері тістомісильної машини

Робочий орган тістомісильної машини під час замішування створює тиск на тістову масу в камері, як показано на рис. 3. 10.



Рис

унок 3.10 Візуалізація тиску в камері змішування під час параметричного моделювання кулачкової деталі в програмному пакеті Flow Vision.

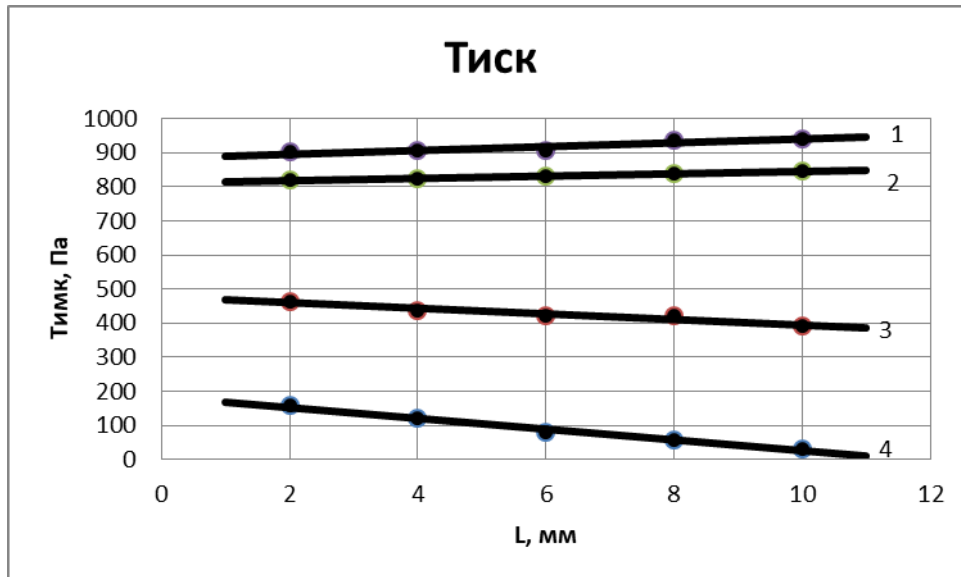


Рис. 3.11 Тиск у робочій камері 1 - 100, 2 - 80, 3 – 60, 4 - об/хв.

Із графіка видно, що тиск залежить від кількості обертів на хвилину змішувального елемента та відстані між ними та має лінійний характер;

$$P = 5,4L + 885,8$$

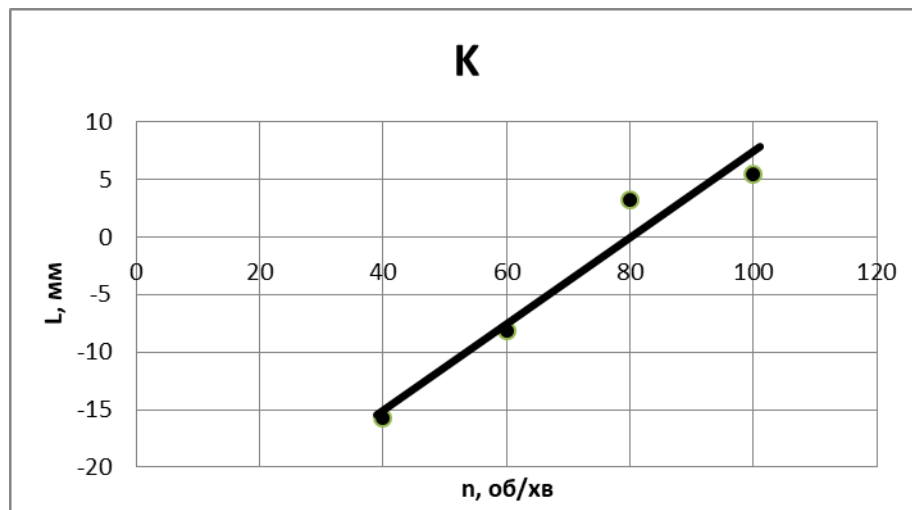
$$P = 3,25L + 812,9$$

$$P = -8,15L + 475,1$$

$$P = -15,75L + 183,9$$

За 40 і 60 обертів на хвилину тиск зменшується при збільшенні зазору між робочими органами, а за 100 і 80 обертів на хвилину тиск на тістову масу збільшується при зміні зазору в зворотному напрямку.

Ці залежності були опрацьовані для отримання двох графіків з



коефіцієнтами А і В.

Рис.3.12 Коефіцієнт К

Узагальнення коефіцієнтів показує лінійну залежність, що вказує на те, як зміна зазору впливає на швидкість обертання заготовки.

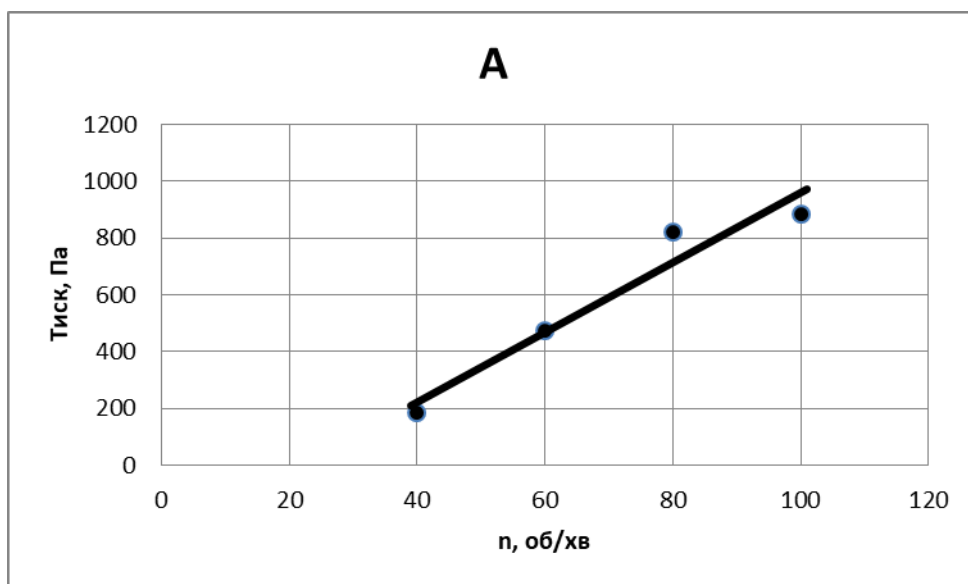


Рис.3.13 Залежність коефіцієнта А від частоти обертання.

Зі зміною частоти обертання тиск в змішувальній камері зростає, що також підтверджує лінійний характер залежності.

Отримані результати було зведено до однієї залежності впливу зазору між робочими органами і швидкості їхнього руху на масу тіста в робочій камері тістомішалки, яка мала такий вигляд;

$$P = (0,38n - 30)L + 12,3n - 267$$

n – кількість обертів місильного валу:

L – зазор між кулачками.

Дисипація

Дисипацію розглядаємо як процес перетворення кінетичної енергії на теплову внаслідок тертя між шарами маси. Тертя в середині маси виникає через завихрення під час роботи кулачкового апарату і призводить до втрати енергії.

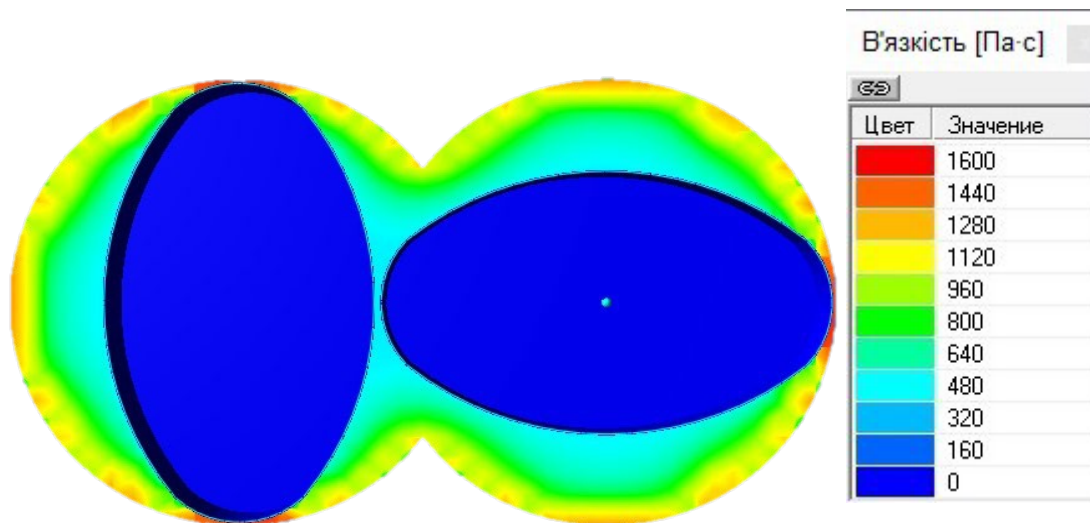


Рис.3.14. Зміна в'язкості в камері змішування під час параметричного моделювання кулачкової деталі в програмному пакеті Flow Vision.

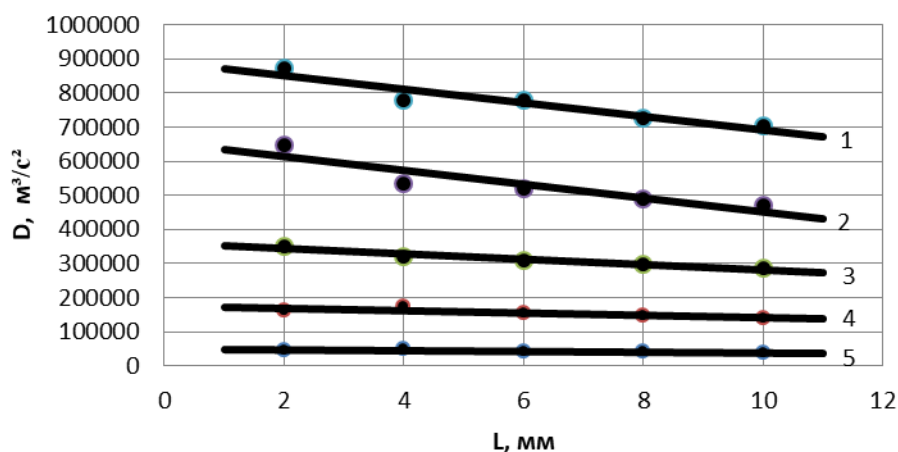


Рис.3.

15. Максимальні значення дисипації енергії: 1- 100, 2- 80, 3- 60, 4- 40, 5- 20 об/хв.

З частин графіка можна отримати лінійні залежності, які показують поведінку тістової маси за зміни зазору між кулачками.

$$D = -19900L + 891200$$

$$D = -19950L + 652100$$

$$D = -7700L + 358400$$

$$D = -3550L + 175700$$

$$D = -1200L + 49600$$

Було проведено додаткові дослідження впливу в зоні максимального переміщення шару тіста за різних значень швидкості руху робочого органу й отримано такі залежності

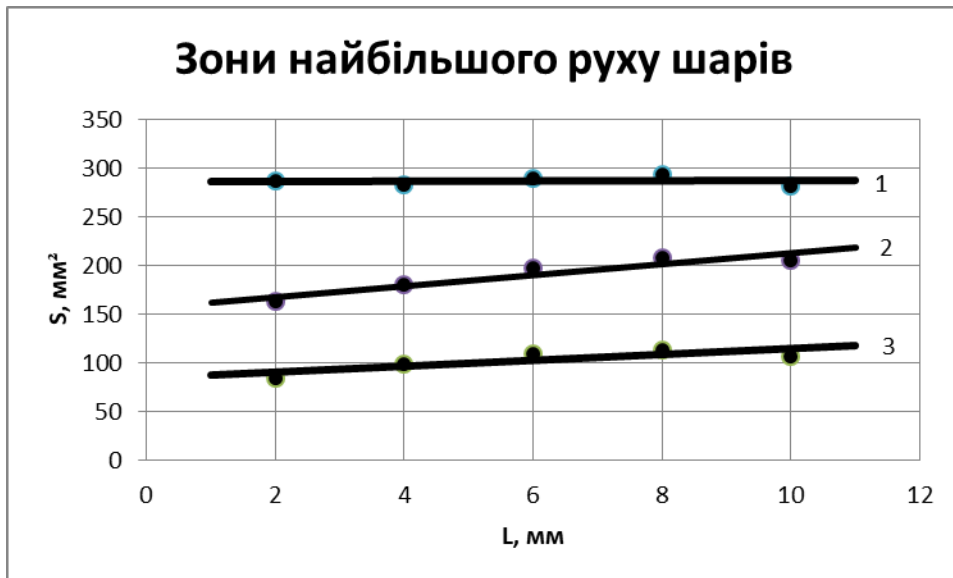


Рис.3.16 Зміна зони найбільшого зсуву шарів.

$$y = 0,05L + 286,9$$

$$y = 5,6L + 157$$

$$y = 2,9L + 85,4$$

Під час дослідження було встановлено, що за 20 і 40 обертів кулачкового приводу за хвилину характер руху шару тіста змінюється недостатньо і виходить за межі діапазону впливу. За 60 і 80 обертів за хвилину характер руху шарів і витрачена енергія збільшуються в міру збільшення зазору, а за 100 обертів за хвилину характер руху шарів залишається незмінним, а витрачена енергія не змінюється в міру збільшення зазору.

Висновок до розділу:

Ми досліджували реологічні властивості тіста в процесі замісу. Результати проведених досліджень показують, що вага тіста не змінює характер течії незалежно від часового інтервалу.

Ефективна в'язкість в значній мірі визначається швидкістю зсуву.

Крива потоку тістової маси має унікальні характеристики. Постійна величина в рівнянні, ймовірно, є екстремальним значенням напруження зсуву у сформованій структурі тіста, це пояснюється формуванням та утворенням структури тіста.

Залежність ефективної в'язкості під час замішування кулачковими робочими органами від швидкості зсуву має вигляд степеневого закону і лінійно змінюється з часом залежно від величини швидкості зсуву.

При збільшенні швидкості зсуву від 0 до 100 с⁻¹ напруга зсуву швидко зростає від 2000 до 6800 Па і повільно збільшується до 6950 Па в діапазоні від 100 до 800 с⁻¹.

Значення вільного перерізу стабілізуючої сітки 2,5% показник питомої роботи для робочих органів різної форми становить 22-37 Дж/г.

Оптимальна конфігурація робочого органу з кулачковим елементом була такою: швидкість обертання вала тістомісильної машини становила 60 обертів на хвилину, а зазор між стінкою тістомісильної машини та робочим органом - 4-8 мм.

Позитивний ефект від посиленої механічної обробки шнековим і кулачковим робочими органами в процесі замісу дріжджового тіста. Пальцеві робочі органи можуть бути використані в комбінації зі шнековими під час запуску валу. Порівняльний аналіз підтверджує можливість використання кулачкових робочих органів.

4 Використання проведених досліджень для розроблення тістомісильної машини

4.1. Техніко-економічне обґрунтування розроблення конструкції обладнання

На хліб припадає понад 13% загального балансу виробництва споживчих товарів. Хліб є і буде ключовою галуззю економіки України.

У хлібопекарській галузі спостерігається тенденція до інтенсифікації процесу приготування тіста. Поряд з традиційними тістовими та безопарними методами все більшого поширення набувають прогресивні методи розділення тіста, такі як рідке тісто зі скороченим часом бродіння, більш густе тісто та високошвидкісні методи.

Тому на зміну старому низькопродуктивному обладнанню приходить нове, більш продуктивне, економічне, просте у використанні та безпечне.

Розроблені машини для замісу пшеничного тіста мають наступні переваги:

- Використання шнекових робочих органів різної форми забезпечує інтенсивний процес замішування, покращує якість тіста, що, в свою чергу, покращує якість кінцевого продукту і скорочує тривалість процесу виготовлення хліба (скорочення часу бродіння за рахунок інтенсивного замісу),

- Кулачки забезпечують інтенсивність процесу замішування тіста, покращують процес пластифікації та підвищують якість.

- Машина базується на теоретичних розробках та експериментальних дослідженнях, сучасних теоретичних концепціях процесу замісу тіста.

- Вона зменшує кількість обладнання на виробничій

лінії, скорочує виробничі площі та покращує економічні показники роботи підприємства.

Крім економічних і експлуатаційних показників, слід відзначити можливість автоматизації роботи тістомісильних машин, що в кінцевому підсумку дозволить отримувати більш якісну продукцію.

4.2. Опис запропонованої конструкції тістомісильної інтенсивної машини для замішування тіста

Тістомісильна машина - це комплекс механізмів, що забезпечують дозування та подавання борошна, дозування рідких інгредієнтів, змішування рідких і сипких інгредієнтів і замішування тіста.

Процес замішування відбувається в машині в результаті безперервної деформації тіста на зсув під дією шнека і кулачка.

Тістомісильні машини відносяться до категорії з двома валами і однією діжею. Вони призначені для замісу пшеничного тіста і мають продуктивність до 30 тонн на добу.

Робочий орган складається з двох валів, що обертаються в одному напрямку і збільшують потужність замісу; для забезпечення триступеневого процесу замісу робочий орган складається з трьох частин в залежності від стадії замісу тіста.

На першій стадії замісу тіста, де змішуються сипучі і рідкі інгредієнти, використовується шнек, який ідеально підходить для змішування інгредієнтів до утворення однорідної структури.

Другий етап, власне заміс і пластифікація, вимагає не просто замісу, а більшого механічного впливу. З цієї причини для замішування тіста використовуються кулачки, які збільшують вплив на тісто.

На третьому етапі - остаточний заміс і транспортування - кулачковий робочий орган і шнек використовуються для прискорення вивантаження тістової маси після остаточного замісу.

Машина складається зі спареного циліндричного корита 6 (рис. 3.1), в центрі якої розміщений місильний вал з робочим органом 5. Місильна ємність має контрольне вікно.

Борошно подається через патрубок 1, який оснащений двома ємнісними показчиками рівня. Рідкі інгредієнти подаються через патрубок 2. Тісто виводиться з машини через стабілізуючу решітку 7.

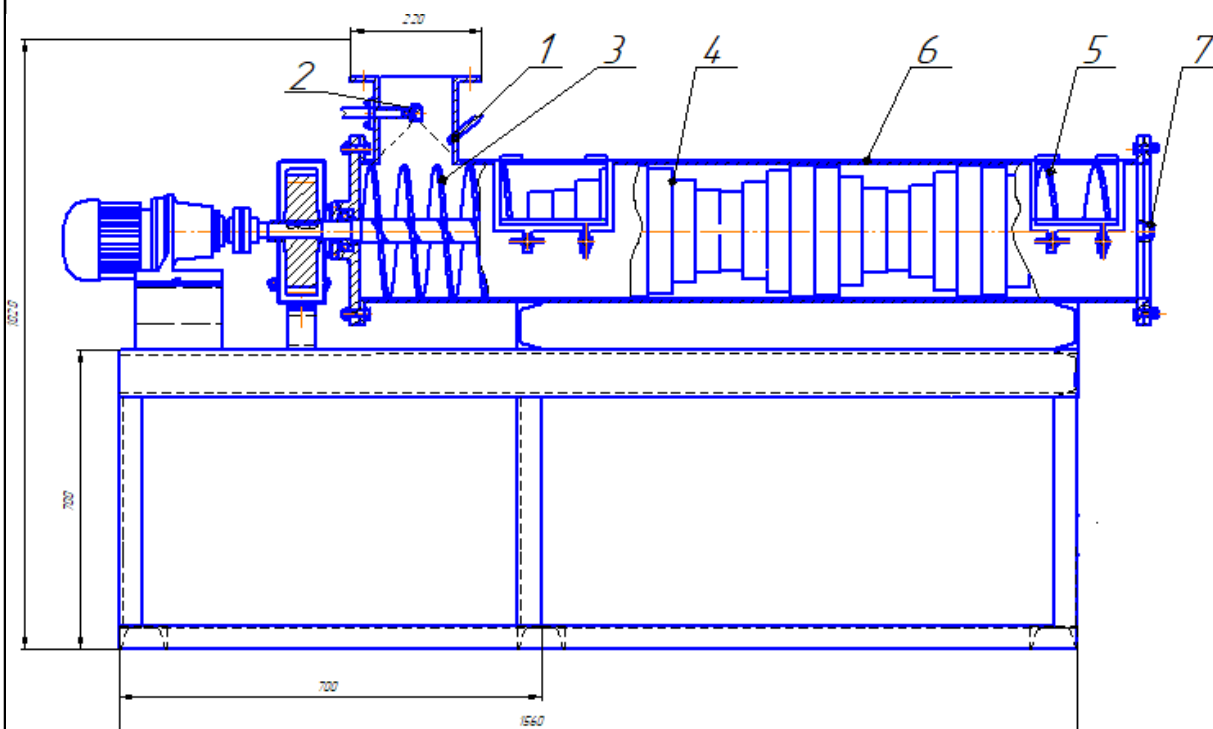


Рис. 4.1 Розроблена конструкція тістомісильної машини

1 - патрубок для подавання борошна; 2 - дозатор для рідких компонентів; 3 - шнек в зоні для змішування; 4 – кулачкові робочі органи в зоні замішування; 5- шнек для замішування та транспортування та вивантаження тістової маси; 6 – спарене місильне корито; 7 - вивантажувальний патрубок.

Машина працює наступним чином. Всі інгредієнти безперервно подаються невеликими порціями з дозатора в передню частину ємності і послідовно перемішуються шнеком 3, кулачком 4 і шнеком 5, що рухаються вздовж місильної камери. Маса перемішується в міру просування до вивантаження, і готовий продукт вивантажується через стабілізуюче сито 7.

Привід машини здійснюється від мотор-редуктора безпосередньо на вал через муфту. Інтенсивність механічного руху машини обмежується

силою, що виникає від тертя тіста по стінках місильної камери. Тому підвищити інтенсивність замішування за рахунок збільшення частоти обертання місильних валів. Тому для поліпшення замісу і варіювання умов замісу на різних етапах замісу встановлюють шнеки і кулачки.

4.3. Розрахункова частина

Розрахунок продуктивності запропонованої конструкції тістомісильної машини

Продуктивність в зоні замішування з врахуванням геометричних параметри шнека, кг/с:

$$P_{c1} = z \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} s \cdot n \cdot \rho \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 = 2 \cdot \frac{3.14 \cdot (0.22^2 - 0.04^2)}{4} \cdot 0.150 \cdot 0.5 \cdot 1400 \cdot 0.2 \cdot 0.15 \cdot 0.55 = 0.127$$

кг/с.

k_1 - коефіцієнт подавання, який залежить від форми лопатей та їх розташування на валу ($k_1 = 0.2 - 0.5$)

k_2 - коефіцієнт, який враховує відношення сумарної площі поверхні лопатей до площі гвинтової поверхні того ж самого діаметру та кроку ($k_2 = 0.15 - 0.2$)

k_3 - коефіцієнт, що враховує площу перерізу перетину траєкторій руху лопатей (для двовальної машини $k_3 = 0.55 - 0.7$).

Через зазор між кулачками і стінкою виникає потік з об'ємною

$$V_k = 0.5 \cdot (\pi \cdot D \cdot n) \cdot \delta \cdot l_s \cdot z \cdot z_w = 0.5 \cdot (3.14 \cdot 0.22 \cdot 30) \cdot 0.001 \cdot 1.2 \cdot 2 \cdot 23 = 0.54$$

кг/м³

швидкістю

n - частота обертання валу машини.

z_w - кількість валів.

δ - зазор між

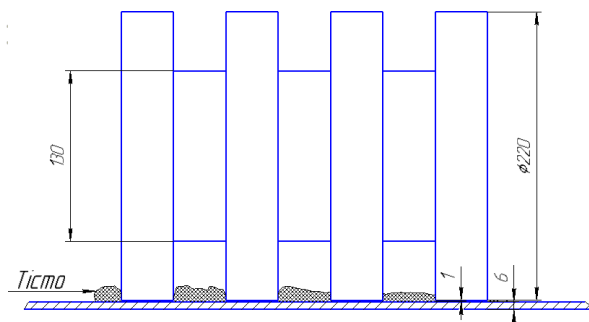


Рис. 4.2. Схема роботи кулачкових робочих органів

Розрахунок параметрів конструкції машини

Розрахуємо об'єм робочої камери для замішування та пластифікації тіста:

$$V = \frac{P_{\text{с2}} \cdot \tau}{\rho} = \frac{0.21 \cdot 600}{1400} = 0,085 \text{ м}^3$$

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

Роз

рахунок камери замішування на міцність

Визначення товщини стінки

Тиск, що створюється в ємності, Па: $P = 0.2 \cdot 10^6$

Внутрішній діаметр циліндричної камери D_1 , м $D_1 = 0.22$

Граничне напруження матеріалу, з якого виготовляється 12Х18Н10Т σ_p ,
 $[\sigma] = 510 \cdot 10^6 \text{ Па}$

Допуск на корозію δ , м $\delta = 0.002$

Знайдемо допустиме напруження на розтягування:

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

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

$$\sigma = 510 \cdot 10^6 / 4 = 1.27 \cdot 10^8.$$

Тоді товщина стінки ємності δ_1 , м:

$$\delta_1 = \frac{P \cdot D_1}{[2 \cdot \beta \cdot [\sigma]] - P} + \delta = \frac{0.2 \cdot 10^6 \cdot 0.22}{2 \cdot 0.85 \cdot 1.27 \cdot 10^8 - 0.2 \cdot 10^6} + 0.002 = 2.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

За стандартом приймаємо товщину стінки камери більшу за розрахункову $\delta_1 = 0.006 \text{ м.}$

Розрахунок змішувального шнеку

Розрахуємо та визначаємо конструктивні параметри шнеку, якщо максимальний тиск в камері змішування $P_{MAX}=0,2(\text{МПа})$, коефіцієнт внутрішнього тертя приймаємо $f = 0,3$, густину тіста приймаємо $\rho = 1400\left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)$.

З врахуванням геометрії камери зовнішній діаметр шнеку D дорівнює 220 мм, а внутрішній (діаметр валу) $d=40\text{мм}$, крок шнеку вибираємо із конструктивних міркувань 30 (мм).

На зовнішній стороні шнеку та біля валу кут підйому гвинтових ліній визначимо за наступними формулами:

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

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

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

Для визначення середнього значення кута підйому гвинтових ліній витків шнеку визначимо за формулою:

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

Допоміжні значення величин становлять:

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

Коефіцієнт, який враховує відставання часток матеріалу суміші у осьовому напрямку:

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha) = 1 - (0,76 - 0,95 \cdot 0,3 \cdot 0,84) = 0,479$$

Момент згинання витка шнека по внутрішньому контуру біля валу, визначаємо за формулою:

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

де P_{\max} – максимальне значення тиску, який створює шнек; за відношення $a = \frac{D}{d}$

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

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

Витки шнеку виготовляємо із нержавіючої харчової сталі 12Х18Н10Т, для допустиме напруження для якої на згинання можемо прийняти допустимому напруженню на розтягування $125 \cdot 10^6$ (Па). Товщина пера шнеку за формулою:

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

$$\delta = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1586}{125 \cdot 10^6}} = 0,006 = 6 (\text{мм})$$

приймемо значення $\delta = 6 (\text{мм})$

Для визначення крутного моменту на робочих витках шнеку скористаємося формулою:

$$M_{\text{кр}} = 0,131 \cdot m \cdot (1 - K_0) \cdot P_{\text{MAX}} \cdot (D^3 - d^3) \cdot \text{tg} \alpha$$

де m - число кроків шнека, які максимально навантажені;

K_0 - коефіцієнт відставання; P_{MAX} - тиск який може розвинути шнек максимально,

α - кут піднімання гвинтової лінії пера шнеку, $\alpha = 30^0$

$$K_0 = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \cdot f \cdot \sin 2\alpha)$$

f - коефіцієнт, який враховує тертя продукту по витках шнеку.

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

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

За нижченаведеною формулою визначимо осьове зусилля:

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

Напруження нормальні та дотичні валу визначаємо за формулами:

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

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

Тоді еквівалентне напруження:

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

Розраховане значення знаходиться в допустимих межах напруження для матеріалу шнека (сталь 12Х18Н10Т).

Для зменшення маси шнеку суцільний вал можна замінити на пустотілий вал.

Наприклад, в нашому випадку можемо використати трубу. Дотичні та

нормальні напруження пустотілого валу знайдемо за формулами:

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

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

Звідси еквівалентне напруження:

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

Розраховане значення напруження більше розрахованого раніше, та менше допустимого.

Розрахунок кулачкових елементів

Кількість валів для змішування Z 2

Осьова відстань між ними A 176мм.

Зовнішній діаметр кулачка D 220мм.

Діаметр кулачка в поперечному положенні 90° D_1 130мм.

Крок кулачків T 1(2)

Зазор між стінкою ємності та кулачком δ 1мм.

Радіус R 110мм.

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

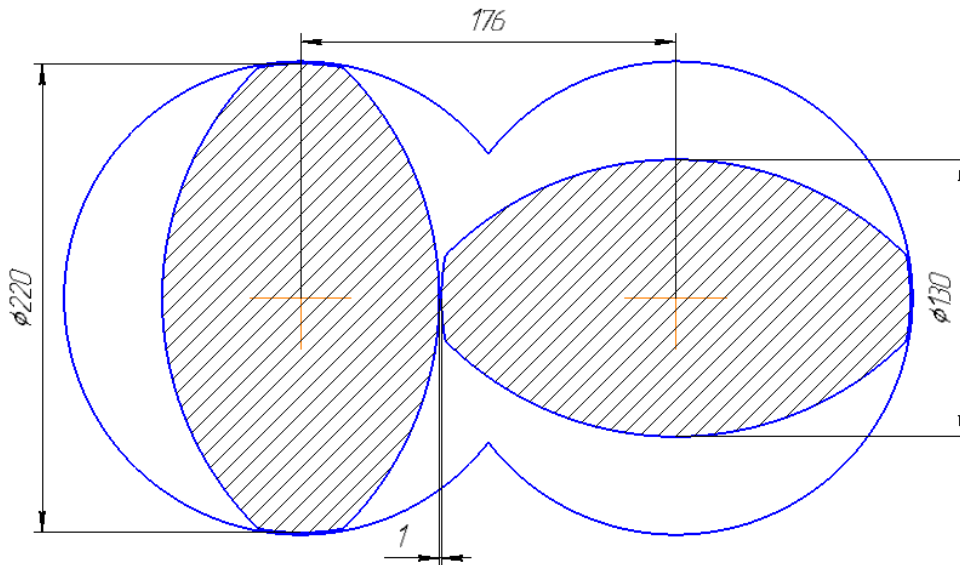


Рис.4.3 Схема розміщення кулачків.

Вибір двигуна-редуктора та розрахунок кінематичних параметрів

Вихідні дані:

Потужність на валу шнека $N=1.8$ кВт;

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

Термін служби – 4 роки;

Робочих змін на добу – 3.

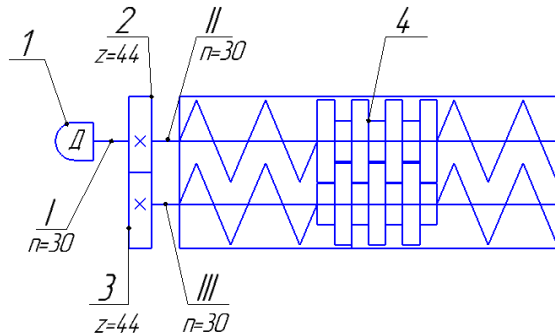


Рис.4.4. Схема кінематики приводу машини.

1 - двигун-редуктор; 2, 3-циліндрична зубчаста передача; - вал ; 4 – робочий вал з кулачками

Крутний момент на вихідному валу :

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

Звідси:

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

Розраховуємо потужність двигуна:

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

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

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

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

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

Підбираємо двигун-редуктор за відповідними характеристиками:
 $T_1=546 \text{ Нм}$; $n=30 \text{ об/хв.}$ та $N_{\text{двигуна}}=3.0 \text{ кВт.}$

Вибираємо двигун-редуктор SEWEURODRIVE R77DRE112M4/AL, з
 $T_1=660 \text{ Нм}$; $n=30 \text{ об/хв.}$ $N_{\text{двигуна}}=3.0 \text{ кВт.}$ SEW=1,25, $m=71 \text{ кг.}$; $i=33,47$.

Знаходимо загальне передавальне число :

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

Передавальне співвідношення приводу складається з добутку передавальних чисел двигуна-редуктора та відкритої циліндричної прямозубої передачі.

Оскільки $i_{ред}=48,5$. Визначаємо:

$$i_2 = \frac{u_{привода}}{i_{редуктора}} = \frac{48,5}{1} = 48,5$$

Прямозубу циліндричну зубчасту передачу використовуємо для забезпечення сталої частоти обертання веденого валу.

Тоді потужності на окремих валах машини

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

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

$$N_3 = N_2 \cdot \eta_{п.} \cdot \eta_{зуб.} = 1954 \cdot 0,99 \cdot 0,94 = 1818(\text{Вт});$$

$$N_4 = N_3 \cdot \eta_{п} = 1818 \cdot 0,99 = 1800(\text{Вт});$$

Потужність $N_4=1800\text{Вт}$ розподіляється між двома шнеками.

Частота обертання окремих валів машини:

$$n_1 = n_{двигуна} = 1455 \text{об} / \text{хв};$$

$$n_2 = \frac{n_1}{i_{редуктора}} = \frac{1455}{48,5} = 30 \text{об} / \text{хв};$$

$$n_3 = n_2 = 30 \text{об} / \text{хв};$$

$$n_4 = \frac{n_3}{i_{зубчастої}} = \frac{30}{1} = 30 \text{об} / \text{хв}$$

Кутові швидкості валів машини:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 1455}{30} = 152,29(\text{рад} / \text{с})$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{i_{ред}} = \frac{152,29}{48,5} = 3,14(\text{рад} / \text{с})$$

$$\omega_3 = \omega_2 = 3,14(\text{рад} / \text{с})$$

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

Крутні моменти валу привода :

$$T_4 = 40259 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$T_3 = \frac{T_4}{\eta_{зуб} \cdot \eta_n \cdot i_{зуб}} = \frac{402.59}{0.94 \cdot 0.99 \cdot 1} = 432.61 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$T_2 = \frac{T_3}{\eta_n} = \frac{432.61}{0.99} = 437 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta_{ред.} \cdot i_{ред.}} = \frac{432.61}{0.8 \cdot 30.89} = 17.5 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Для зручності використання всі отримані дані заносимо в таблицю.

Таблиця отриманих значень

Таблиця 4.1.

Номер валу	Потужність на валу N,Вт	Кількість обертів валів n,об/хв	Кутові швидкості валів, рад/с	Крутний момент на валах Т, Н·м	Передавальне число
I	2440	1456	152,3	17.5	
II	1955	30	3,14	438	48,5
III	1820	30	3,14	433	1
IV	1800	30	3,14	403	

Загальна тривалість роботи приводу

$$\Sigma t = 8 \cdot c \cdot 365 \cdot L \cdot K_{річ} \cdot K_{доб}$$

С - кількість годин у зміні (8).

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

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

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

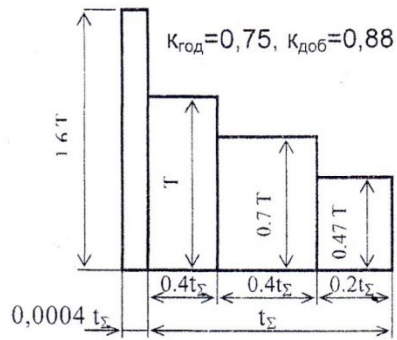


Рис.4.5. Схема навантаження приводу машини.

Вибір форсунки для рідких компонентів

Форсунку використовуємо для розпилення рідких компонентів. Вибираємо форсунку фірми «Lechler» серії 422. У форсунках цієї серії використовується тангенційне підведення рідини, відсутні вбудовані елементи, форсунка нечутлива до забивання, має стабільний кут конуса розпилювання та рівномірне розпилювання.

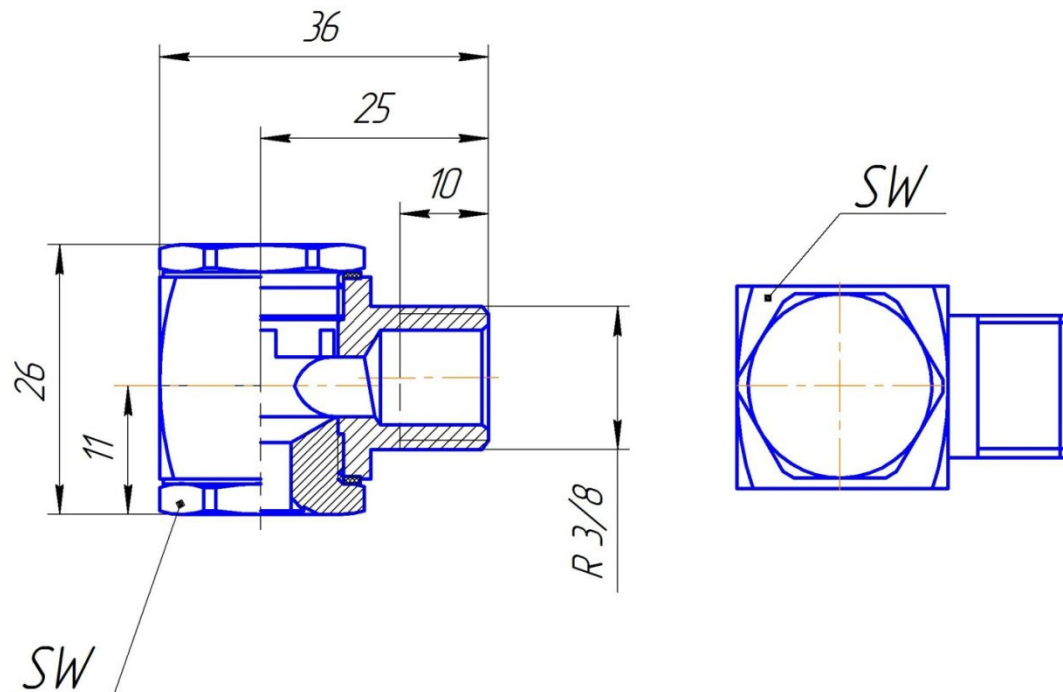


Рис. 4.6. Схема форсунки.

SW=19 За тиску $P=1$ бар, розпилюватиметься $V=2.23$ літри рідини за хвилину.

Відповідно до каталогу фірми: Діаметр струменю за $P=1$ бар та висоті конусу $H=200$ мм буде становити $D=380$ мм.

4.4. Монтаж та технічний сервіс обладнання для замішування

Монтаж тістомісильної машини

Процес складання обладнання - це процес перетворення частини машини в складальну одиницю. Процес складання тістомісильної машини складається з установки її на фундамент і мотор-редуктора. Тістомісильна машина поставляється в зібраному вигляді. Машина встановлюється на заздалегідь підготовлений фундамент і

закріплюється гайками з шайбою до болтів. Потім встановлюють мотор-редуктор.

Перед запуском машини перевірте правильність затягування болтових з'єднань на двигуні приводу місильного органу і редукторі, перевірте надійність кріплення підшипників, змастіть необхідні деталі машини і перевірте натяг механізму приводу місильного органу. Потім вручну переконайтеся, що місильний орган обертається. Запустіть машину на холостому ході. Після підключення двигуна перевірте напрямок обертання місильного органу. Потім дайте машині попрацювати без навантаження протягом 2-3 годин. Увімкніть її після пробного запуску.

Експлуатація тістомісильної машини

Основні правила експлуатації тістомісильної машини:

- підтримка обладнання в чистоті, своєчасно проводити змащування за графіком;
 - слідування допустимим режимам роботи механізмів (швидкісні навантаження, силові та інші);
 - виконання правил управління машиною;
- дотримання планового обслуговування машини та своєчасний

ремонт. На підприємствах технічний стан обладнання контролюється відділом головного механіка, який також надає рекомендації щодо покращення стану обладнання. Відділ нагляду має право відключити машину в разі порушення правил експлуатації або якщо машина знаходиться в незадовільному стані.

- Працівники повинні мати знання про конструкцію і взаємодію основних механізмів машини, проводити дрібний ремонт і підтримувати майстерню в належному стані. Належне технічне обслуговування продовжить термін служби машини до наступного ремонту. Перед початком роботи працівники мають перевірити

працездатність машини, перевірити місця змащування, заповненість мастилом. У разі виявлення несправності оператор повинен повідомити про це майстру. Протягом робочої зміни необхідно змащувати всі точки, зазначені в таблиці змащення машини, як зазначено в інструкції з експлуатації. У разі централізованого змащування слідкуйте за тим, щоб масляний бак завжди був заповнений мастилом.

Ремонт тістомісильної машини

Ремонт і технічне обслуговування включає в себе ряд операцій для підтримки працездатності або справності обладнання під час його використання за призначенням, зберігання і транспортування. Технічне обслуговування обладнання під час його використання за призначенням здійснюється відповідно до інструкції з експлуатації, підготовленої виробником. На кожному робочому місці повинна бути інструкція з технічного обслуговування обладнання. Технічне обслуговування здійснюється операторами та іншими працівниками, які безпосередньо використовують машини. Технічний нагляд забезпечує бригада механіків, що

складається з чергових механіків, електриків і мастильників. Під час технічного нагляду, між регулярними ремонтами, виконуються роботи, необхідні для належного функціонування обладнання.

Сюди входить регулювання окремих механізмів, затягування гвинтових з'єднань і обслуговування клапанів.

Більшість цих робіт проводяться в міру необхідності відповідно до інструкції з експлуатації. Якість обслуговування і постійний контроль за роботою обладнання зменшує кількість позапланових ремонтів.

Виробничий процес ремонту тістомісильних машин включає в себе основні технічні процеси: очищення, розбирання, миття, огляд і сортування, ремонт і відновлення деталей і вузлів, обкатка, складання, та інше, підготовчі та супутні процеси: матеріально-технічне постачання, забезпечення функціонування всього іншого обладнання, логістика об'єктів, що ремонтуються (за умови транспортування об'єктів підприємством, яке здійснює ремонт), та інше.

Перед початком ремонту тістомісильної машини проводиться огляд обладнання з метою виявлення дефектів. Дефекти виявляються під час огляду, а також шляхом аналізу записів у журналах технічного персоналу та ремонтників. Перед початком ремонту закупаються запасні частини та інструменти.

Перед ремонтом і демонтажем машини обладнання відключають від електромережі та мережі технічного зв'язку, від'єднують привід, знімають муфту з вала двигуна і зливають масло з резервуара в системі змащення. На шині електроживлення вивіщується табличка: "Не вмикати".

Основні правила розбирання тістомісильної машини:

- під час ремонту розбираємо лише той вузол або механізм, який підлягає ремонту (повністю розбираємо лише за капітального ремонту);
- спочатку необхідно ознайомитись з технічним паспортом, представленою кінематичною схемою, кресленнями основних вузлів і деталей та визначити порядок розбирання. Рекомендується планувати сепарацію послідовними чи паралельно-послідовними методами;
- під час розбирання проводиться та складається відомість виявлених дефектів;
- починають розбирання машини зі зняття кожухів, кришок, запобіжних щитків, для того щоб відкрити доступ до того вузла, який підлягає розбиранню;
- якщо розбиранню підлягає декілька вузлів, деталі кожного з них складаються. Якщо знімаємо громіздкі деталі і вузли необхідно користуватися вантажопідйомними механізмами;

Висновок до розділу:

Запропоновано конструкцію тістомісильної машини з кулачковим

робо

чим органом для покращення якості тіста. Проведено розрахунок продуктивності тістомісильної машини безперервної дії, розрахунок міцності машини та розрахунок основних конструктивних елементів. Підібрано силову установку

- двигун, редуктор та форсунки для розпилення рідких інгредієнтів

5. Охорона праці

Кожна компанія організовує всі види інструктажів з техніки безпеки (вступний, первинний, періодичний, позаплановий, цільовий)

Аналіз шкідливих та небезпечних факторів на тістомісильній машині

У ньому проаналізовано роботу обладнання в хлібопекарських виробничих приміщеннях для визначення наявності шкідливих і небезпечних факторів. Умовні позначення наведені на спрощеній схемі приладу.

Обслуговує тістомісильну машину оператор.

Розроблена конструкція тістомісильної машини (Рис.8.1.) складається з основних вузлів: завантажувальної воронки, змішувальних робочих органів, решітки, вивантажувального патрубку.

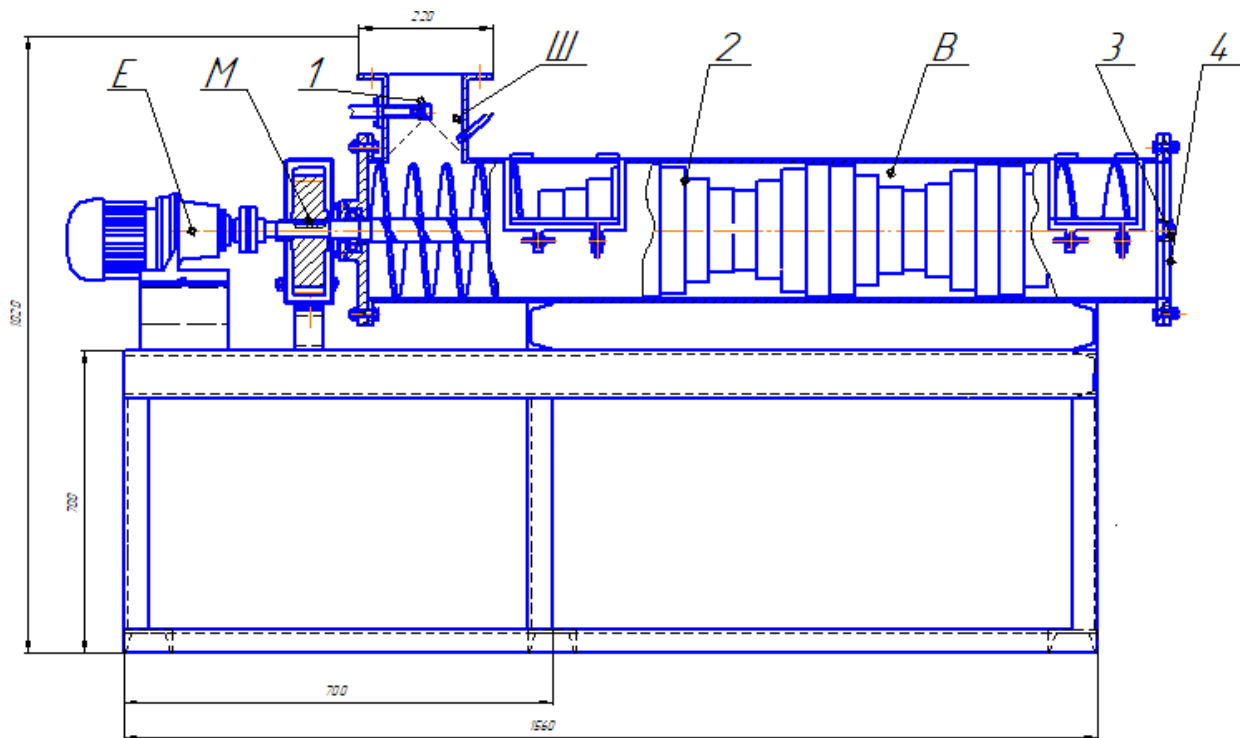


Рис 6.1. Розроблена конструкція тістомісильної машини

На конструкції позначені можливі шкідливі фактори впливу на людину:

Е – можливе ураження струмом, Ш – шум під час роботи, В – вібрація під час роботи, М – можливість механічних травм.

Метеорологічні умови

Певна комбінація погодних параметрів - температури, швидкості вітру та відносної вологості - може забезпечити нормальні теплові умови для здоров'я людей на робочому місці. Значення цих параметрів гарантують найкраще самопочуття та найкращу працездатність людини і вважаються критеріями, які визначають оптимальний мікроклімат.

Допустимі показники мікроклімату

Таблиця 6.1.

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

Стандартизовані параметри мікроклімату визначаються з урахуванням поточного сезонного надлишку тепла та категорії експлуатації з точки зору енергоспоживання.

Для підтримання норм мікроклімату у виробничих приміщеннях передбачено вологе прибирання.

Вплив роботи машини на загазованість приміщення

Оскільки під час замішування тіста кількість та концентрація вуглекислого газу, який виділяється незначна, тому вміст газу не регулюється.

Шум та вібрація під час роботи машини.

Стандартизація санітарного шуму на заводах пропонується на основі загальних рівнів шуму (в дБА).

Рівень шуму в секторі виробництва хлібного тіста становить 88.....92 дБА.

Тому обладнання, що генерує шум, слід встановлювати в окремому приміщенні зі звукоізоляційними стінами, якщо це можливо. Обладнання повинно бути встановлене на віброізолюючому фундаменті, а його вага повинна бути підібрана, щоб амплітуда вібраційних коливань не перевищувала 0,2 мм.

Порогова інтенсивність шуму приблизно відповідає інтенсивності звуків (міських звуків), які можна почути лише в діапазоні частот (1000 Гц), до якого людське вухо найбільш чутливе.

Для зменшення вібрації та шуму в секторі приготування тіста було запропоновано низку заходів, серед яких зменшення шуму та вібрації за рахунок проектних, інженерних та експлуатаційних рішень, а також використання вібропоглинаючих опор (використання прокладкових матеріалів у місцях з'єднань, які запобігають передачі вібрації між компонентами).

Крім того, аеродинамічний шум у целюлозно-паперовій промисловості виникає під час забору та викиду газу (повітря) в атмосферу, потоків повітря та аерозолів у трубопроводі та коливань тиску.

Основними заходами боротьби з аеродинамічним шумом є зменшення

швидкості, усунення вихрових генераторів тощо.

Освітлення

На ділянці передбачено природне (комбіноване) і штучне освітлення. Рівень освітлення відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Природне світло потрапляє через великі вікна. З часом ефективність природного освітлення знижується до 25-35% через бруд і пил на склі.

Штучне освітлення забезпечується штучними джерелами світла і поділяється на робоче, аварійне та охоронне. Тип світильника підбирається відповідно до характеристик і призначення об'єкта. Розташування світильників однакове по всій площі робочого місця. Світильники чистяться раз на місяць електриком. Освітленість потрібно контролювати не рідше як один раз на три місяці. Уся система має централізоване управління. Штучне освітлення забезпечується люмінесцентними лампами, розміщеними поблизу робочої зони.

Люмінесцентне освітлення цеху 200 лк.

У зоні ферментації та формування встановлено аварійне освітлення. Це необхідно для того, щоб обслуговуючий персонал міг безпечно працювати та евакуюватися у разі відключення електроенергії. Світильники аварійного освітлення позначені ідентифікаційним знаком ПУЕ, а стандарт для аварійного освітлення становить 75 люкс.

Для проведення ремонтних робіт встановлена система ремонтного освітлення. Ремонтне освітлення працює за напруги 36 В та живиться від знижувального трансформатора.

Розміщення технологічного обладнання та його безпечна експлуатація

Підчас встановлення обладнання виконується вимога щодо наявності проходу шириною не менше 1 м між обладнанням та будівельною конструкцією. Це забезпечує безпечне пересування та вільний доступ людей

до обладнання.

Всі рухомі, робочі та обертові частини обладнання огорожені.

У закритій зоні, де розташований привід, передбачено запірний пристрій. Блокування забезпечує відключення електродвигуна при знятті огороження.

Оскільки обладнання з електродвигунами використовується у бродильній та формувальній промисловості, до нього висуваються суворі вимоги щодо експлуатації та захисту працівників.

Забезпечення санітарно-побутовими приміщеннями

Приміщення, що входять до складу печі, відповідають СНиП 2.09.04-87 та СНиП II-М3-68. Для забезпечення санітарно-гігієнічних норм на пекарні є роздягальні, душові, туалети, кімнати відпочинку та пральня.

Рекреаційні приміщення розташовані в одній будівлі з виробничими приміщеннями і мають систему вентиляції та кондиціонування повітря. Медпункт та приміщення громадського харчування розташовані в адміністративній будівлі хлібозаводу.

Виходячи з нормативних даних для цього об'єкту, необхідні наступні приміщення гардероб з окремими шафами для кожного працівника (кожна з яких має два відділення). Гардеробні будуть суміжними з душовими кімнатами, кожна з яких матиме по дві душові кабінки. У кожній роздягальні буде умивальник. Може бути один чоловічий і один жіночий туалет, але обов'язково має бути передня кімната та умивальник, що замикається.

Електробезпека

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ) об'єкти відносять до зон підвищеної небезпеки залежно від ризику ураження персоналу електричним струмом і стану виробничого середовища.

Тому вибирається тип, конструкція та робочі параметри

електрообладнання.

Основними заходами електробезпеки є

- Відсутність доступу до основних частин, що знаходяться під напругою;
- Заземлення всіх неструмоведучих частин електрообладнання;
- Автоматичне захисне відключення у разі короткого замикання має бути швидкісним на корпус двигуна, або їх перевантаження
- Ізоляція мережі захисту;
- Блокування та попереджувальні сигналізації (літерні) і плакатами;
- Використання захисних пристроїв і засобів;
- Проведення планово-профілактичного ремонту та профілактичних випробувань електричного обладнання;
- проведення організаційних заходів (навчання, інструктажі, атестація);
- ремонтні та профілактичні роботи на машині здійснюється тільки за відключеного електричного живлення.

Відводи для блискавок встановлюються на дахах, щоб поглинати блискавку та направляти розряд блискавки на землю.

Пожежна безпека

Ступінь вогнестійкості головної будівлі цеху - не нижче III згідно зі СНиП 2.01.02-85.

Згідно з ПУЕ, класи установок та вибухопожежонебезпечні зони є наступними:

забезпечується своєчасне оповіщення про пожежі на робочому місці автоматична пожежна сигналізація. В якості автоматичних

сповіщувачів використовуються теплові пожежні сповіщувачі DSP-038. Для гасіння пожежі в цеху наявні первинні засоби пожежогасіння. Це пожежні рукави, пожежні трубопроводи, вогнегасники, сухий пісок, лопати, відра, азбестові покривала та інструмент, який використовується для руйнування будівельних конструкцій.

Пропозиції щодо покращення умов праці

1. Передбачити додаткові огороження небезпечних рухомих частин обладнання.
2. Проводити технічні заходи для запобігання ураження електричним струмом.
3. Впровадження централізованого контролю та систем колективного захисту.
4. забезпечення оптимального мікроклімату в приміщенні.
5. організація кімнат безпеки та лабораторій.

Пропозиції щодо покращення умов праці

6. Передбачити додаткові огороження небезпечних рухомих частин обладнання.
7. Проводити технічні заходи для запобігання ураження електричним струмом.
8. Впровадження централізованого контролю та систем колективного захисту.
9. забезпечення оптимального мікроклімату в приміщенні.
10. організація кімнат безпеки та лабораторій.

Екологічне обґрунтування доцільності встановлення нової машини.

Проект передбачає встановлення нової тістомісильної машини на лінії з виробництва хліба. Інновація, яка замінить це обладнання, дозволить зменшити споживання енергії на один хлібобулочний виріб без негативного впливу на зміну обсягів токсичних викидів.

Всі перераховані вище переваги безпосередньо пов'язані з навколишнім середовищем. Наприклад, виробництво електричної енергії, що використовується обладнанням, спроектованим на електростанціях, пов'язане з виділенням газів і відходів, шкідливих для навколишнього середовища.

Характеристики викидів підприємства

Промислові викиди можна розділити на неорганізовані та організовані.

Неорганізовані викиди - це викиди газу, пари пилу та стічних вод від витоків з машин, обладнання, трубопроводів, комунікацій, вікон та дверей, особливо під час відкритого завантаження та розвантаження продукції, при погано організованому транспортуванні. Рідкі та газоподібні викиди, наприклад, ті, що утворюються під час перерв у технологічному процесі, є особливо шкідливими для якості повітря.

Неорганізовані викиди - це викиди від технологічного обладнання, які відводяться від джерела через повітро- та газопроводи (димарі та шахти).

Викиди в атмосферу, які здійснюють харчові підприємства можна поділити так:

- Викиди, що супроводжуються виділенням теплоти та енергії;
- Викиди цехів з перероблення вторинних матеріальних ресурсів;
- Викиди, які супроводжують основний технологічний процес.

Викиди від окремих установок у хлібопекарнях включають борошняний пил, цукровий пил, вихлопні гази, спалене паливо та гази від

повітряних компресорних установок, які виробляють стиснене повітря для транспортування аерозольного борошна. Бродіння тіста супроводжується виділенням вуглекислого газу, а етиловий спирт, альдегіди та складні ефіри утримуються. Для уловлювання парів етилового спирту та домішок газу бродіння повинні проходити через спиртовловлювач. Більшість заводів зараз використовують вуглекислий газ як побічний продукт і викидають його в атмосферу замість

готового продукту. Для контролю викидів в атмосферу були розроблені спеціальні гігієнічні стандарти. Основні властивості домішок атмосфері в концентраціях речовини в одиниці об'єму повітря (мг/м^3) за нормальних умов.

Розрізняють разову гранично допустиму концентрацію (ГДК) речовини та середньодобову гранично допустиму концентрацію небезпечної речовини.

У таблиці 6.1 наведено ГДК для найпоширеніших забруднювачів повітря

Табл.6.3.Значення деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря

Речовина	Клас небезпеки	Гранично – допустимі концентрації, мг/м ²	
		ГДК <u>мр</u>	ГДК <u>сл</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
<u>Бенз – (а) - пірен</u>	1	-	1*10 ⁻⁶

Характеристика скидів підприємства

Стічні води печей (вода, що використовується у виробничому циклі і призначена для скидання у водойми та каналізацію) є складною фізико-хімічною системою. Стічна вода містить часточки різного ступеня дисперсності (від 10⁻³ до 10⁻²м), а також розчинні частинки. Окрім зважених часток в них міститься велика кількість забруднювачів, які є розчинними органічного та неорганічного походження.

Стоки хлібокомбінату є багатим середовищем для мікроорганізмів активного типу. Оскільки вони характеризуються вмістом зважених часток (150 мг/л) РН 6,0...7,0 з повним біологічним споживанням кисню БС = 500....700 мг О₂/л, та хімічним споживанням кисню ХС = 600....800 мг О₂/л.

Стічні води з виробництва не мають перешкоджати роботі каналізаційної мережі або споруд, не повинні викликати корозію або осадження, концентрація зважених речовин не повинна перевищувати 500

мг/л, а рН має бути в межах від 6,5 до 8,5.

Муніципальні каналізаційні системи також вимагають повного очищення заводських стічних вод. Заводські стічні води піддаються лише механічному очищенню на решітках, а потім біологічному очищенню на решітках, перш ніж потрапляють до міської каналізації. У деяких випадках може знадобитися видалення нафтопродуктів.

У таблиці 12.2 показано кількість стічних вод, що утворюються на одиницю продукції.

Табл.6.4. 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	
X/3 продуктивністю 126 т/доб.	1 тонна виробів	прямоточна	0,83	0,35	1,18
30	1 тонна вир.	прямоточна	1,89	0,98	2,87
X/3 з кондитерським	1 тонна виробів	прямоточна	1,7	0,79	2,49

Несвоєчасна та неповна утилізація вторинних матеріальних ресурсів і відходів виробництва призводить до їх деградації, інфікування і, що найголовніше, до шкідливого впливу на навколишнє середовище. При цьому ступінь забруднення стічних вод значно зростає з собівартістю продукції.

Висновки до розділу:

Хлібопекарська промисловість є малозабруднюючою галуззю. Основними забруднювачами є викиди від паливно-енергетичного комплексу, силосного та просіювального господарства, бродіння тіста та випікання хліба. Для всіх викидів встановлені граничні значення. Вони відповідають українським екологічним стандартам.

Стічні води підприємства скидаються без очищення в міську каналізаційну систему. Склад і параметри стічних вод, що скидаються в каналізаційну мережу, відповідають умовам складу стічних вод в каналізаційній мережі.

Конструкція запропонованої машини вирішує ряд екологічних проблем. А саме: зменшення енергоспоживання, зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище та зменшення впливу на навколишнє середовище, що в сукупності призводить до покращення екологічної ситуації в регіоні.

6. Технологія машинобудування

Загальна інформація

Технічний процес створення з'єднання між компонентами виробу називається механічним складанням.

Під час складання забезпечується необхідне взаємне розташування деталей, що з'єднуються, і відносна нерухомість або рухливість елементів, що з'єднуються в конструкції.

Тістомісильні машини безперервної дії складаються з окремих частин, найпростішими з яких є ті, що не мають з'єднувальних деталей. Вузол - це сукупність декількох частин, які з'єднані і закріплені між собою. Залежно від конструкції вузли можуть бути різної складності.

Деталь або вузол, з якого починається складання, називається базовою деталлю. Базова деталь позначає місце розташування всіх інших складальних одиниць. Для полегшення процесу складання використовується блок-схема, яка показує послідовність процесу.

Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

У запропонованому проекті аналізується нова конструкція тістомісильної машини безперервної дії.

Робочий орган тістомісильної машини є важливим елементом конструкції, оскільки він має значний вплив на процес замісу.

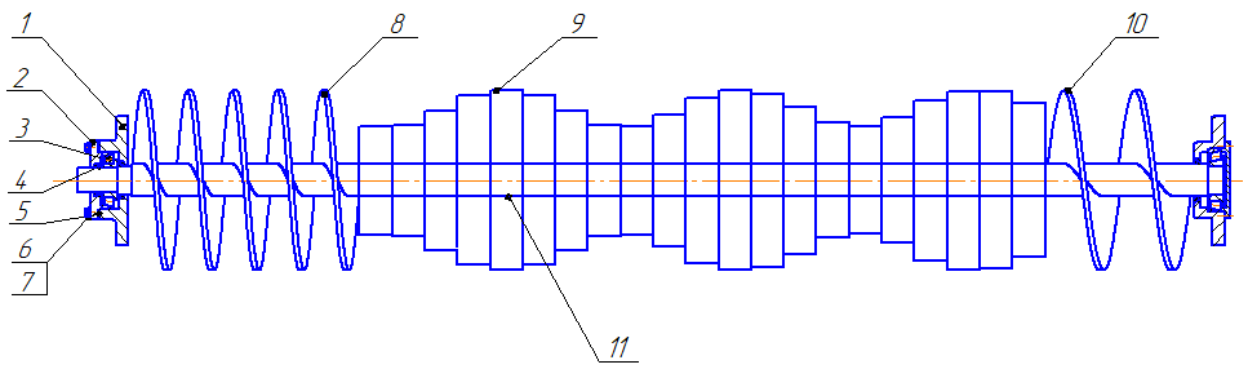


Рис.6.1. Ескіз вузла.

Детальний склад робочого органу тістомісильної машини Таблиця 6.1

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Корпус підшипник а	1	8	Шнек 1	2
2	Кришка підшипник а	2	9	Купачки	44
3	Підшипник	2	10	Шнек 2	2
4	Ущільнювач	2	11	Вал	2
5	Прокладка	2	12		
6	Болт	12	13		
7	Шайба	12	14		

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність зеднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів.

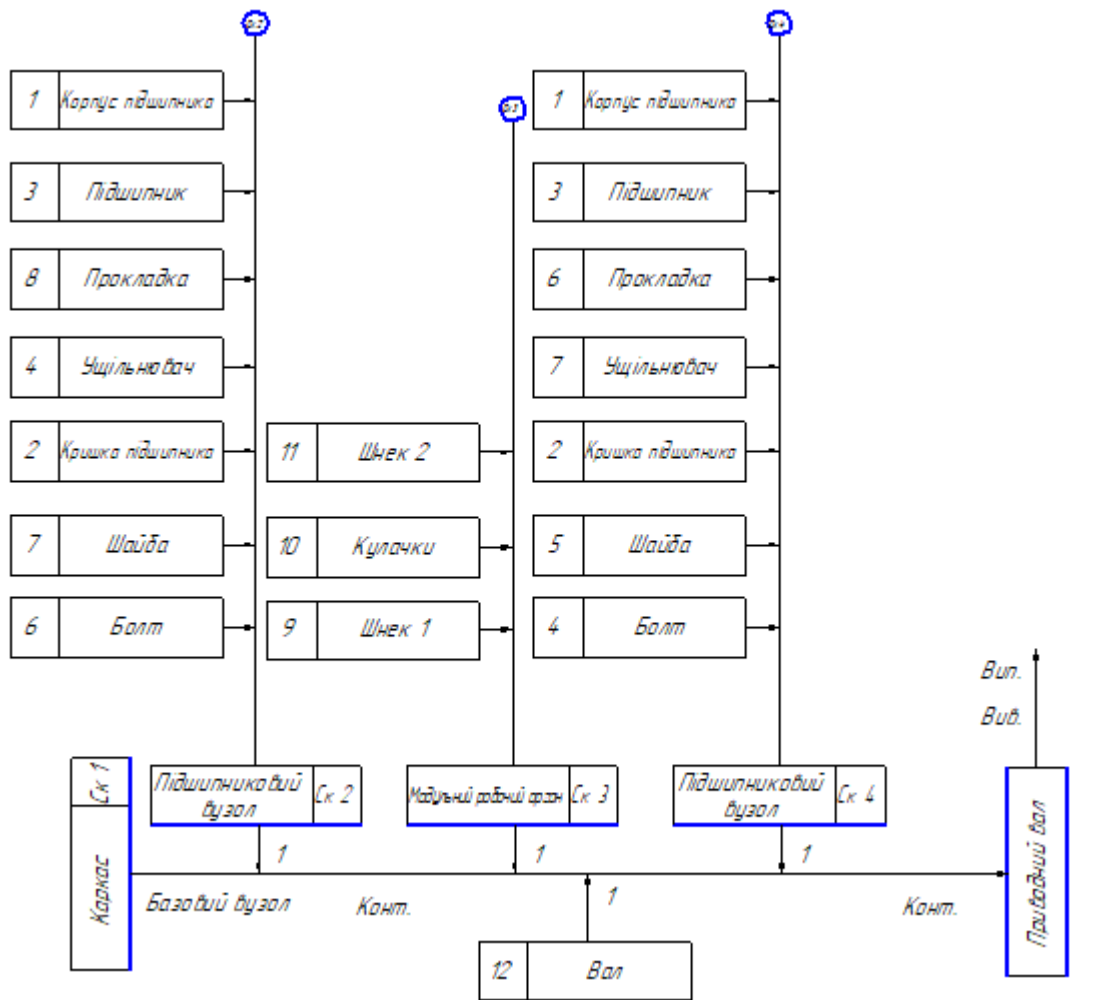


Рис. 7.2. Технологічна схема складання робочого органу тістомісильної машини.

Технологічний маршрут складання місильного валу машини полягає у описанні короткого змісту операцій з переходами (таблиця 2).

Технологічний маршрут складання робочого органу тістомісильної машини *Таблиця 2.*

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1 Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити посадкові місця від пилу. 10.3. Змонтувати нижню кришку і верхню. 10.4. Переустановити корпус і закріпити.
20. Збирання підшипникового вузла СК2	20.1 Встановити корпус підшипника на каркас і закріпити його. 20.2. Встановити підшипник. 20.3. Встановити ущільнювач в кришку підшипника. 20.4. Встановити прокладку. 20.5. Встановити кришку підшипника . 20.7 Встановити 6 шайб. 20.8. Встановити 6 ботів та закрутити.
30 Збирання Робочого органу. (Ск. 3)	30.1 Установити Шнек №1. 30.2. Установити Кулачки. 30.3. Установити Шнек №2.
40 Збирання підшипникового вузла (Ск. 4)	40.1 Встановити корпус підшипника на каркас і закріпити його. 40.2. Встановити підшипник. 40.3. Встановити ущільнювач в кришку підшипника. 40.4. Встановити прокладку. 40.5. Встановити кришку підшипника . 40.7 Встановити 6 шайб. 40.8. Встановити 6 ботів та закрутити.
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати складальні операції робочого органу тістомісильної машини.
60. Консервація	70.1. Змонтувати захисну плівку.

7.3. Розрахунок надійності деталі при експлуатації

Визначити ймовірність безвідмовної роботи кінцевика валу та проаналізувати надійність його роботи.

1. Обираємо критичний переріз кінцевика валу.

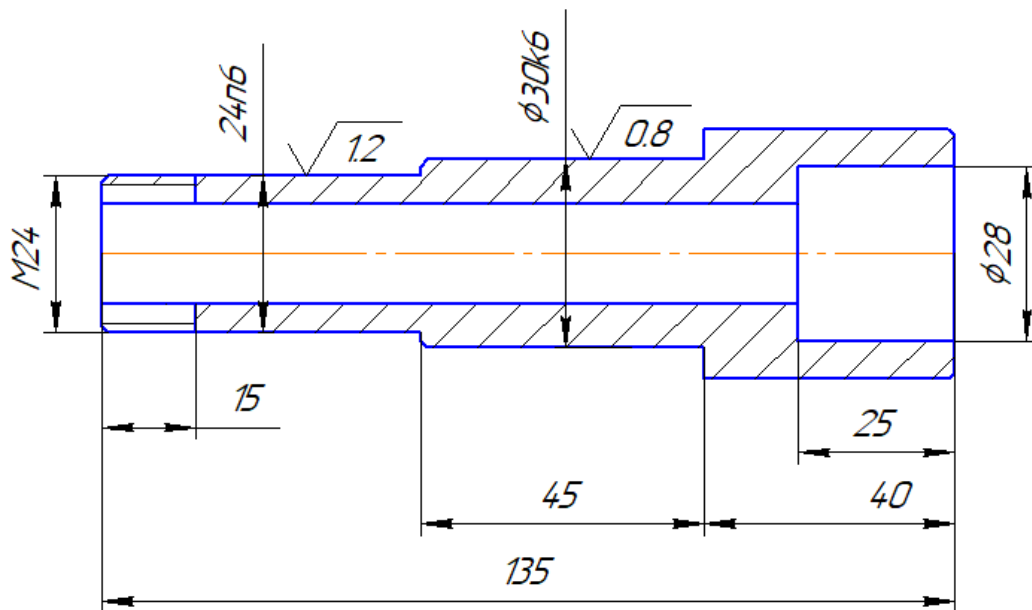


Рис.7.3 Креслення кінцека валу.

2. За робочим кресленням валу знаходимо геометричні розміри, необхідні для користування таблицями: d_1 та d_2 – діаметри валу, радіус галтели r_f (а). За довідником знаходимо для матеріалу валу границю міцності при розтягу $\sigma_{вр}$, МПа.

Проведем розрахунок ймовірності безвідмовної роботи кінцека валу для критичного перерізу в місці переходу діаметрів (галтели), у якого: $d_1 = 24$ мм, $d_2 = 30$ мм, радіус галтели $r_f = 0,5$ мм. З довідника знаходимо для сталі 45 значення $\sigma_{вр} = 700$ МПа, а з технічної документації на вузол з'ясуємо, що значення згинаючого та крутного моментів: $M_{зг} = 75$ Н · м; $M_{кр} = 45$ Н · м. Розподіл моментів підпорядковується нормальному закону.

3. Шляхом інтерполяції знаходимо за таблицями 1-3 ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні вала для галтели при вала при $\sigma_{вр} = 700$ МПа.

$$\frac{r_2}{d_2} = \frac{0,5}{24} = 0,021; \frac{d_1}{d_2} = \frac{30}{24} = 1,25; K_\sigma = 2,68; K_\tau = 1,62.$$

4. Масштабний фактор при згинанні та крученні вала визначаємо за табл. 4 за величиною його меншого діаметра. Для $d_1 = 24$ мм коефіцієнти дорівнюють: $\varepsilon_\sigma = 0,89$; $\varepsilon_\tau = 0,8$.

5. Середні значення амплітуд напружень при згинанні та крученні визначають

за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_2^3} = \frac{32 \cdot 75 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 24^3} = 62,8 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_2^3} = \frac{45 \cdot 10^3}{0,2(30)^3} = 8,3 \text{ МПа},$$

де $W_{зг}$, $W_{кр}$ - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі вала, мм^3 .

$$\text{При розрахунку вала із шпонковим пазом } W_{зг} = \frac{\pi d_1}{32} - \frac{bt(d_1 - t)^2}{d_1},$$

$$W_{кр} = \frac{\pi d_1}{16} - \frac{bt(d_1 - t)^2}{d_1}.$$

- Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні вала становить відповідно:

$$\circ n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{2,68}{0,89} \cdot 51,6} = 1,8;$$

$$\circ n_\tau = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,62}{0,8} \cdot 18,1} = 7,64;$$

- де $\sigma_{-1} = 280$ МПа, $\tau_{-1} = 140$ МПа – границі витривалості матеріалу вала (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні (довідникові дані).
- Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$\circ n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 \cdot n_\tau^2}} = \frac{1,8 \cdot 7,64}{\sqrt{1,8^2 \cdot 7,64^2}} = 1,75.$$

- Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень

$$\circ S_a = \frac{A \cdot \sigma_{32}}{3} = \frac{0,6 \cdot 62,8}{3} = 12,56 \text{ МПа, де } A = \frac{M_{кр}}{M_{32}} = \frac{45}{75} = 0,6.$$

- Коефіцієнт варіації амплітуд

$$\circ v_a = \frac{S_a}{\sigma_{32}} = \frac{12,56}{62,8} = 0,2.$$

- Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд $v_a = 0,2$. Знаходимо за графіком ймовірність відмови (руйнування валу в критичному перетині) при

одержаних розрахункових даних ($n = 1,75$; $v_a = 0,2$). Ймовірність руйнування валу в критичному перерізі: $F(t) = 0,08$.

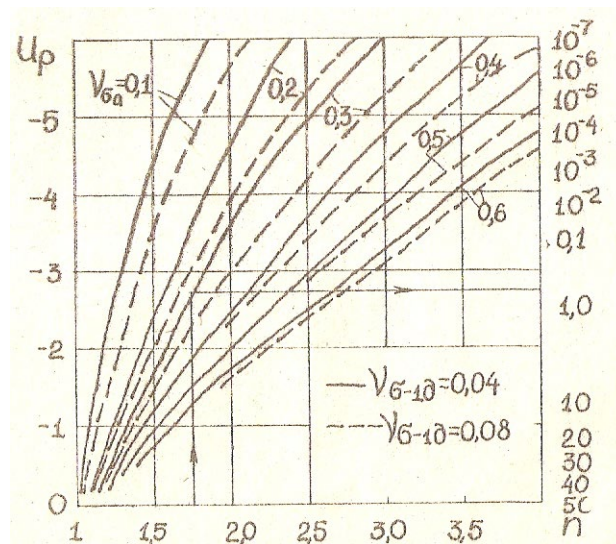


Рис.7.4 Графік ймовірності відмови.

11. Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0,08 = 99,2.$$

Одержаний показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність.

Висновок

Теоретичні та експериментальні дослідження продемонстрували технічну можливість використання кулачкових органів для більш інтенсивної механічної обробки тіста під час замісу як способу підвищення якості кінцевого продукту. За результатами досліджень можна зробити наступні висновки

1. створено тривимірну модель в FlowVision,
3) Крива течії тістової маси має унікальні характеристики завдяки формуванню структури тіста.

4) Під час замішування тіста кулачковими елементами залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву має степеневий характер і лінійно змінюється в часі зі значенням швидкості зсуву.

5) При замішуванні тіста кулачковими елементами залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву має степеневий характер.

5. при швидкості зсуву від 0 до 100 с⁻¹ напруження зсуву швидко зростає від 2000 до 6800 Па, а потім повільно зростає до 6950 Па в діапазоні швидкостей зсуву від 100 до 800 с⁻¹. Зі збільшенням швидкості зсуву від 0 до 800 с⁻¹ в'язкість зменшується за степеневим законом.

6. міра зусилля, необхідного для замішування тіста. При параметрах стабілізуючої решітки

2,5 і 22-37 Дж/г досягаються значення. У процесі замісу спостерігався позитивний вплив механічної обробки шнеком та місильною діжкою. Підтверджено сприятливий вплив механічної обробки шнековими та кулачковими робочими органами.

Корпус.

7 Оптимальну конфігурацію робочого органу з кулачковим елементом було знайдено експериментальним шляхом наступним чином
Оптимальна конфігурація елемента знайдена експериментальним шляхом:

вал тістомісильної машини 60 об/хв, зазор між стінкою машини і робочим органом 4-8 мм.

Вал машини 60 обертів на хвилину, зазор між стінкою машини та робочим органом 4-8 мм.

8. Проектна пропозиція для кулачкового місильного органу
Представлено конструкторську пропозицію робочого органу з кулачком для покращення процесу приготування тіста.

Створено 3D модель тістомісильної машини безперервної дії.

Список використаних літературних джерел

1. Лисовенко А.Т. Технологическое оборудование хлебозаводов и пути его совершенствования: учебник для высш. учеб. заведений: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 208 с.

2. 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.

3. 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.

4. Pareyt B. Impact of mixing time and sodium stearoyl lactylate on gluten polymerization during baking of wheat flour dough: Food Chemistry: 2013. 179 p.

5. A. Shehzad, H. Chiron Energetical and rheological approaches of wheat flour dough mixing with a spiral mixer: Journal of Food Engineering: 2012. 70 p.

6. Реологічні властивості тіста та хлібопекарські показники

якості борошна пшеничних генотипі в залежності від субодиниць високомолекулярних глютенів. Усова З.В. Інститут рослинництва ім.В.Я. Юр'єва НААН

7. Дорик А. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя Інтенсифікація процесу замішування тіста.

8. Полтораки М. И., Володарский А. В., Сигал М. Н. Технологическое оборудование предприятий хлебопекарной промышленности: Справочник. – Киев: Урожай, 1989. – 200 с.

9. Connelly R. K. Examination of the mixing ability of single and twin screw mixers using 2D finite element method simulation with particle tracking /

R. K. Connelly, J. L. Kokini // Journal of Food Engineering 79. – 2007. – pp. 956- 969.

10. Лісовенко О. Т. Технологічне обладнання хлібопекарних і макаронних виробництв. / О. Т. Лісовенко, О. А. Руденко-Грицюк, І.М. Литовченко // – К.: Наукова думка, 2000. – 281с.

11. Shehzad A. Energetical and rheological approaches of wheat flour dough mixing with a spiral mixer: Journal of Food Engineering: 2012. 70 p.

Naraszia R. Differential mixing action effects on functional properties and polymeric protein size distribution of wheat dough: Journal of Cereal Science: 2008. 51p.

1. Использование средств компьютерного моделирования в курсах механики жидкости и газа: Учебно-методическое пособие / Сост.Кондратин Т.В., Ткаченко Б.К., Березникова М.В. и др.-М.:МФТИ, 2005.-112 с.

2. Ambroziak Zegmunt. Some aspects of the rheological properties of dough / Zegmunt Ambroziak // Riv. Soc. Ital. sci. alim.

– 1999. - No2. - p. 73-82.

3. Рейнер М. Реология / М. Рейнер; пер. с англ. Н. И. Малинина. – М.: Наука, 1965. – 224 с.

4. www.readingbakery.com.

5. www.readco.com.

6. www.exactmixing.com.

7. www.bakingbusiness.com

Дробот В.І. Довідник з технології
хлібопекарського виробництва

Co-Rotating Twin-Screw Extruders/Klemens Kohlgruber 170-176 с.
Маршалкин Г.А. Технологическое оборудование кондитерских
фабрик. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. — 448 с.