

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Інженерії машин, споруд і технологій**

(назва факультету)

**Обладнання харчових технологій**

(повна назва кафедри)

# ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

**Магістр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Дослідження процесу поділу тіста з пшеничного та житнього борошна з модернізацією тістоділильника марки Кузбас-68-2М**

Виконав: студент 6 курсу, групи МОмз-61  
спеціальності (напряму підготовки) \_\_\_\_\_

**133 “Галузеве машинобудування”**

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Габор М.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра обладнання харчових технологій

Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"  
 (шифр і назва)

## ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри**  
Обладнання харчових технологій  
д.т.н., проф. Вітенько Тетяна Миколаївна.

## З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Габор Михайло Михайлович  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу поділу тіста з пшеничного та житнього борошна з модернізацією тістоділильника марки Кузбас-68-2М.  
 керівник роботи к.т.н., доц. Лясота Оксана Михайлівна.  
 (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "28" серпня 2019 року  
№4/7-741

2. Строк подання студентом роботи "10" грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту тістоділильника марки Кузбас-68-2М. Річний план випуску продукції

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасного стану формувального обладнання поділу тіста. Аналіз процесів під час нагнітання тіста в тістоділильнику. Аналіз модельних представлень типів ньютонівських рідин. Зв'язок реології із процесами виробництва хлібних продуктів. 2. Розроблення нових технічних рішень по збільшенню продуктивності тістоділильника марки Кузбас-68-2М. Аналіз структури тістоділильника марки Кузбас-68-2М. Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації технологічного обладнання. Розрахунок продуктивності і потужності модернізованого тістоділильника „Кузбас”. Розрахунок приводу тістоділильника. Аналіз робочого процесу тістоділильної машини “Кузбас”. Розрахунок шнеку. Монтаж, експлуатація, технічне обслуговування та ремонт. 3. Теоретичний аналіз процесу нагнітання та поділу дріжджового тіста. Загальна характеристика ньютонівських рідин. Загальна характеристика зсувних властивостей харчових продуктів. Фізичне представлення процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику. Аналіз впливу механічного оброблення на властивості дріжджового тіста. Спрощена лінійна теорія шнекових нагнітачів. Визначення функціональних залежностей реологічних характеристик дріжджового тіста. Використання регресійного методу для вибору раціональних параметрів процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику. Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла нагнітача на продуктивність роботи тістоподільної машини. 5. Спеціальна частина. 6. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих в роботі рішень. 7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях. 8. Екологія.

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

1. Тістоділильник "Кузбас". Загальний вигляд. Формат А1 2 листи.

2. Кінематична схема. Формат А2.

3. Ділильна головка Загальний вигляд. Формат А1.

4. Напівпоршень подільної головки (ліве виконання). Формат А2.

5. Регулювальний гвинт. Формат А2.

6. Фізичне представлення процесу нагнітання дріжджового тіста в тісто подільнику. Формат А1 .

7. Визначення функціональних залежностей реологічних характеристик дріжджового тіста. Формат А1

8. Вибір раціональних параметрів процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоділильнику. Формат А1 .

9. Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла нагнітача на продуктивність роботи тістоподільної машини. Формат А1.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мосій О.Б.– к.е.н., доц.		
Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Кравець О.І.– к.т.н., доц. Стручок В.С. – ст. викл.		
Екологія	Зварич Н.М. – к.т.н., доц.		
Спеціальна частина	Вітенько Т.М. – д.т.н., проф.		
Нормоконтроль	Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.		

7. Дата видачі завдання “10” вересня 2019 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану формувального обладнання поділу тіста.	1.09.19-15.09.19	
2	Аналіз процесів під час нагнітання тіста в тістоділильнику.	1.09.19-15.09.19	
3	Визначення мети та завдання дипломної роботи	15.09.19-17.09.19	
4	Розроблення нових технічних рішень по збільшенню продуктивності тістоділильника марки Кузбас-68-2М	17.09.19-10.10.19	
5	Аналіз структури тістоділильника марки Кузбас-68-2М	17.09.19-20.10.19	
6	Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації технологічного обладнання	17.09.19-20.10.19	
7	Технологічні розрахунки	20.10.19-22.10.19	
8	Кінематичні розрахунки	21.10.19-25.10.19	
9	Конструктивні розрахунки	24.10.19-25.10.19	
10	Монтаж, експлуатація, технічне обслуговування та ремонт машин	25.10.19-26.10.19	
11	Теоретичний аналіз процесу нагнітання та поділу дріжджового тіста	26.10.19-30.10.19	
12	Аналіз характеристики властивостей дріжджового тіста	26.10.19-30.10.19	
13	Фізичне представлення процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику	31.10.19-05.11.19	
14	Аналіз впливу механічного оброблення на властивості дріжджового тіста	31.10.19-05.11.19	
15	Застосування спрощеної лінійної теорії шнекових нагнітачів	05.11.19-07.11.19	
16	Експериментальні дослідження	05.11.19-25.11.19	
17	Визначення функціональних залежностей реологічних характеристик дріжджового тіста	07.11.19-10.11.19	
18	Варіативні задачі оптимізації для процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику	07.11.19-10.11.19	
19	Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла нагнітача на продуктивність роботи тістоподільної машини.	07.11.19-10.11.19	
20	Спеціальна частина.	07.11.19-10.11.19	
21	Збір інформації до виконання розділів «Екологія» та «Охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях»	15.09.19-15.10.19	
22	Обґрунтування економічної ефективності	15.10.19-5.11.19	
23	Виконання графічної частини	25.10.19-30.11.19	

Студент

( підпис )

Габор М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

( підпис )

Лясота О.М.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

Вступ

### 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ФОРМУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОДІЛУ ТІСТА.

1.1. Порівняльний аналіз існуючих конструкцій тістоділильних машин.

1.2 Призначення, будова та принцип роботи тістоділильника марки «Кузбас»

1.3. Аналіз процесів під час нагнітання тіста в тістоділильнику

1.3.1 Аналіз модельних представлень типів неньютонівських рідин

1.3.2 Зв'язок реології із процесами виробництва хлібних продуктів

1.4. Техніко-економічне обґрунтування модернізації тістоділильника машини Кузбас.....

1.5. Мета і завдання дипломної роботи

### 2. РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ЗБІЛЬШЕННЮ ПРОДУКТИВНОСТІ ТІСТОДІЛИЛЬНИКА МАРКИ КУЗБАС-68-2М

2.1. Аналіз структури тістоділильника марки Кузбас-68-2М

2.1.1 Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації технологічного обладнання

2.2 Розрахунок продуктивності і потужності модернізованого тістоділильника „Кузбас”

2.3. Розрахунок приводу тістоділильника марки Кузбас

2.3.1. Кінематичний розрахунок приводу тістоділильника марки Кузбас

2.3.1.1 Розрахунок передавальних чисел.

2.3.1.2. Розрахунок клинопасової передачі

2.3.2. Розрахунок валу на міцність приводу тістоділильника марки Кузбас

2.3.3. Розрахунок ланцюгової передачі приводу механізмів машини

2.3.4. Розрахунок навантажень ланцюгової передачі.

2.4. Розрахунок тихохідного валу

2.4.1. Вибір матеріалу валу та допустимих напружень

2.4.2. Попередній розрахунок валів

2.5. Аналіз робочого процесу тістоділильної машини “КУЗБАС”.

2.6. Розрахунок шнеку.

2.7. Монтаж, експлуатація, технічне обслуговування та ремонт машин

### 3. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАГНІТАННЯ ТА ПОДІЛУ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА

3.1. Загальна характеристика неньютонівських рідин

3.2. Загальна характеристика зсувних властивостей харчових продуктів

3.2. Фізичне представлення процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику

3.2.1 Аналіз впливу механічного оброблення на властивості дріжджового тіста

3.2.2 Спрощена лінійна теорія шнекових нагнітачів

### 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Визначення функціональних залежностей реологічних характеристик дріжджового тіста

4.2 Варіативні задачі оптимізації для процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику

4.2.1 Використання регресійного методу для вибору раціональних параметрів процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику

4.3. Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла нагнітача

на продуктивність роботи тістоподільної машини.

## 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.

5.1. Алгоритм розрахунку розкрою листового прокату для виготовлення гвинтових заготовок з використанням систем параметричного автоматизованого проектування.

5.3. Автоматизоване проектування технологічного процесу

## 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1. Основні показники економічної ефективності

6.2 Додаткові капітальні витрати (початкові інвестиції).

6.3 Розрахунок основних і додаткових показники: індекс доходності і прибутковості.

## 7. ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1. Аналіз виробничого травматизму.

7.2 Електробезпека та пожежна безпека.

7.3 Можливі способи зараження радіоактивними речовинами тіста.

7.4 Ліквідація зараження бактеріальними засобами.

## 8.ЕОЛОГІЯ

8.1 Екологізація виробництва

8.2 Екологічно безпечні продукти харчування.

## ВИСНОВКИ

## БІБЛІОГРАФІЯ

## ДОДАТКИ

## **ОСНОВНІ СКОРОЧЕННЯ**

ВВ – ведучий вал.

ДГ – ділильна головка.

КМ - крутий момент.

ТО – технічний огляд.

ОТЗ – огляд технічних засобів.

ППР - планово-попереджувальний ремонт.

ПФЕ - повний факторний експеримент

РП - реологічні параметри.

ШН – шнековий нагнітач.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$Z$  - число шнеків;

$D_{ш}$  - діаметр шнека, м;

$d_в$  - діаметр вала, м;

$n$  - число обертів шнека за хвилину;

$t$  - крок шнека, м;

$\rho$  - об'ємна маса тіста,  $\text{кг/м}^3$ ; ( $\text{кг/дм}^3$ );

$k$  - коефіцієнт подачі /залежність від властивостей тіста, поверхні шнека;

$B$  - ефективна в'язкість при фіксованому значенні окружної швидкості,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;

$w$  - окружна швидкість бічної поверхні ротора коаксіальноциліндричного віскозиметра, м/с;

$w_1$  - фіксоване одиничне значення окружної швидкості, м/с;

$w^*$  - безрозмірна окружна швидкість, м/с;

$\sigma$  - напруга зсуву між шарами тіста, Па;

$\sigma_0$  - гранична напруга зсуву, тобто напруга, після досягненні якої в системі починають розвиватися необоротні деформації, Па;

$k$  - коефіцієнт консистенції, пропорційний ефективній в'язкості,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;

$\gamma$  - градієнт швидкості або швидкість зсуву;

$m$  - число максимально навантажених кроків шнека;

$K_0$  - коефіцієнт відставання;

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

$f$  - коефіцієнт тертя продукту по шнеку;

$P$  - опір різанню, (Н);

$V$  - швидкість різання;

$N$  - потужність на валу;

$n$  - кількість обертів на валах.



$P_0$  - початковий тиск тіста, що створюється в нагнітачі в мить її закриття перед початком стискування;

$P_1$  - робочий тиск в камері стиснення, відповідає максимальному тиску при стискуванні тіста;

$P_4$  - тиск тіста в мірній камері в момент її від'єднання від камери стиснення. Чим досконаліша конструкція подільника і його робочий процес, тим менша в ньому різниця між  $P_1$  і  $P_4$ .

де  $\omega$  - кутова швидкість обертання головки,  $\left(\frac{\text{рад}}{\text{с.}}\right)$ ;

$M_c$  - момент від зовнішніх навантажень, приведений до осі ділильної головки;

$I_G$  - момент інерції головки;

$\varphi_4$  - кут повороту ділильної головки.

## ВСТУП

Тісто являє собою продукт, який відповідно до вимог технології попередньо був підданий тривалому бродінню за допомогою дріжджів та інших мікроорганізмів. У результаті утворилась капілярно-пориста структура, що утримується пружним еластично-пластичним скелетом, пори якого заповнені газовою сумішшю, що складається з діоксиду вуглецю, парів води, спирту та інших продуктів бродіння. Під дією газу, що утворюється в процесі бродіння, тісто збільшується в об'ємі, зменшується його щільність, змінюється структура та властивості. При бродінні в тісті активно проходять мікробіологічні та ферментативні процеси, що змінюють його фізичні властивості.

Тістоділильні машини повинні забезпечити поділ тіста на заготовки з точністю 1-2 % від маси технологічної тістової заготовки та з урахуванням специфіки його властивостей. Конструктивно тістоділильні машини є найскладнішими, порівняно з іншим обладнанням хлібозаводів.

Існує декілька класифікацій тістоділильних машин, запропонованих М.С. Лівшицем, М.В. Зайцевим та ін.

Для обґрунтування класифікації тістоподільних машин, яку наведемо, проаналізуємо робочий цикл машини та окремі операції, потім виділимо з них ті, що найістотніше впливають на процес, і дамо визначення функцій окремих елементів тістоподільника.

За час робочого циклу в тістоділильній машині здійснюються такі операції: заповнення робочої камери тістом, стиснення його до робочого тиску, переміщення по робочій камері, заповнення мірної камери, стабілізування тиску, видача відміреної заготовки, повернення надлишку тіста в приймальну воронку. В залежності від прийнятої схеми машини вказані операції можна поєднувати, змінювати послідовність або зовсім вилучати. Всі ці операції здійснюються в камері тістоділильної машини та визначають її робочий процес.

Істотними функціональними елементами тістоділильників є нагнітач тіста, стабілізатор тиску та подільний пристрій.

Тісто під тиском заповнює мірні місткості подільної головки або просто залишає робочу камеру. За видом нагнітачів тістоділильні машини поділяються на машини з поршнеvim, лопатевим, роторним, валковим, шнековим, пневматичним та іншими нагнітачами.

Стабілізатор тиску – пристрій, що забезпечує постійність тиску в робочій камері тістоділильника в момент відмірювання дози. За цією ознакою тістоділильники бувають із стабілізатором тиску і без нього.

Подільна головка має мірні місткості, які при заповненні тістом поєднуються з робочою камерою, а при розвантаженні відокремлюються від неї. За цією ознакою розрізняють тістоподільні машини з подільними головками та без них. Подільні головки бувають одно- та багато кишеньковими. Якщо поділ тіста на шматки здійснюється відсіканням маси, котра видавлюється крізь мундштук, то вважають, що машина не має подільної головки.

Стабілізаційний вплив на процеси, котрі відбуваються в робочій камері, чинить величина буферної місткості. Вона являє собою частину робочої камери, яка залишається заповненою тістом після закінчення робочого циклу.

Метою дипломної роботи є модернізація тістоділильника зі шнековим нагнітанням і подільною головкою Кузбас-68-2М для підвищення якості готового продукту, спрощення роботи і обслуговування модернізованого обладнання.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ФОРМУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ПОДІЛУ ТІСТА.

### 1.1 Порівняльний аналіз існуючих конструкцій тістоподільних машин.

Тістоподільні машини являють собою найчисленнішу групу обладнання, що відрізняється більшою різноманітністю принципів схем. Розглядаючи схеми та використовуючи наведені математичні залежності, можна зробити порівняльний аналіз і висновки щодо переваг, а також недоліків тієї чи іншої машини. Для полегшення аналізу робочих процесів на схемах показані характерні об'єми:  $V_1, V_2, V_3, V_4$  і  $V_5$ .

Робоча камера тістоподільної машини являє собою місткість, в якій здійснюються процеси і операції, пов'язані з поділом тіста на заготовки однакової маси і форми. Приймальна частина тістової камери (лійка) до робочої камери не належить, бо в ній не здійснюються операції, безпосередньо зв'язані з поділом тіста, і місткість її точно не обмежена. Об'єм робочої камери позначимо через  $V_0$ .

Камера стиснення - частина робочої камери, яку заповнює тісто при стисканні його до робочого тиску. Об'єм камери стискання позначимо через  $V_1$ .

Об'єм стабілізації тиску  $V_2$  визначає об'єм тіста, який може сприймати стабілізатор тиску. Чим більше  $V_2$ , тим краще працює тістоподільник і менша величина максимального відхилення маси заготовки від норми.

Буферний об'єм  $V_3$  визначає частину робочої камери, в якій залишається тісто після завершення робочого циклу. Із його збільшенням підвищується механічна проробка тіста і сталість у відношенні точності дозування.

Але надмірне збільшення буферного об'єму приводить до збільшення енергоспоживання і погіршення властивостей тіста.

Мірна камера - місткість, призначена для відмірювання маси шматків тіста і видачі їх у вигляді окремих заготовок. Сумарний об'єм мірних камер  $V_4$

не входить в об'єм робочої камери, бо вони з'єднуються з останньою лише на час заповнення тістом, а потім роз'єднуються.

Тісто, необхідне для заповнення мірних камер, спочатку стискається і стабілізується до певного тиску в робочій камері, потім, при з'єднанні її з мірними камерами, відбувається переміщення тіста в мірні камери. Тому при аналізі робочого процесу будемо розглядати стан, при якому мірний об'єм тіста ще знаходиться в робочій камері.

Частина тіста з робочої камери може повертатися в приймальну лійку. Коли таке повернення відбувається в середині робочого циклу з метою стабілізації тиску в робочій камері, то воно раціональне. Коли повернення здійснюється в кінці циклу, то це свідчить про нераціональне конструктивне його виконання. Об'єм тіста, яке повертається з робочої камери в приймальну лійку, позначається через  $V_5$ . Його зростання приводить до нераціонального збільшення навантаження на машину, переущільнення і послаблення структури тістових заготовок.

Характерні об'єми зв'язані такою залежністю:

$$V_1 = V_2 + V_3 + V_4 + V_5$$

Схеми тістоподільних машин представлені по групах у відповідності з прийнятою класифікацією.

Тістоподільні машини з поршнеvim нагнітачем та подільною головкою (рис.1.1) є найбільш розповсюдженими. До них належать тістоподільні машини СД, ХТД, РМК, „Кооператор” (СРСР), „Мультимат”, „Парта”, „Універсал” (ФРГ), „Дей”, „Ідеал” (США) та ін. Тісто нагнітається в них за допомогою прямокутного поршню. Стабілізація тиску досягається за рахунок застосування пружного або гідравлічного демпфера. Подільні головки звичайно багатокишенькові з плаваючими поршнями та механічним штовхачем. Буферні місткості мають значні розміри.

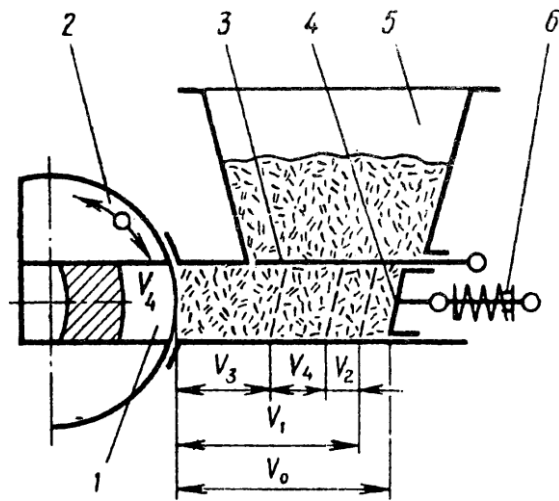


Рисунок 1.1. Функціональна схема тістоподільної машини з поршневым нагнітачем і подільною головкою: 1 – мірна камера; 2 – подільна головка; 3 – заслінка; 4 – нагнітальний поршень; 5 – приймальна лійка; 6 – стабілізатор тиску.

Тістоподільні машини з лопатевим нагнітачем у вигляді поворотної лопаті, жорстко закріпленої на валу та поворотною подільною головкою (рис 1.2).

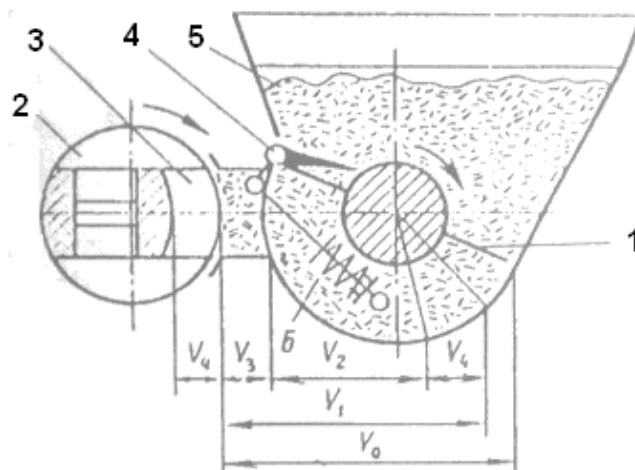


Рисунок 1.2. Функціональна схема тістоподільної машини з лопатевим нагнітачем (жорстко закріплена лопать) і подільною головкою: 1 – нагнітальна лопать; 2 – подільна головка; 3 – мірна камера; 4 – відсікаюча демпферуюча заслінка; 5 – приймальна лійка; 6 – стабілізатор.

До них належать порівняно нові тістоподільники А2-ХТН, розроблені УкрНДІПродмашем. Ці машини відкривають новий напрямок у конструювання. Стабілізація тиску в робочій камері здійснюється за рахунок пружинного демпфера, встановленого на важелі відсікаючої заслінки. Подільна головка двокишенькова із спареними плаваючими поршнями, що переміщуються за рахунок тиску тіста. Тістоподільна машина з лопатевим нагнітачем у вигляді лопаті, що коливається, та додаткового валкового живильника без подільної головки (рис. 1.3). Відділення заготовки здійснюється шляхом відсікання ножом тістової маси, що випресовується через мундштук.

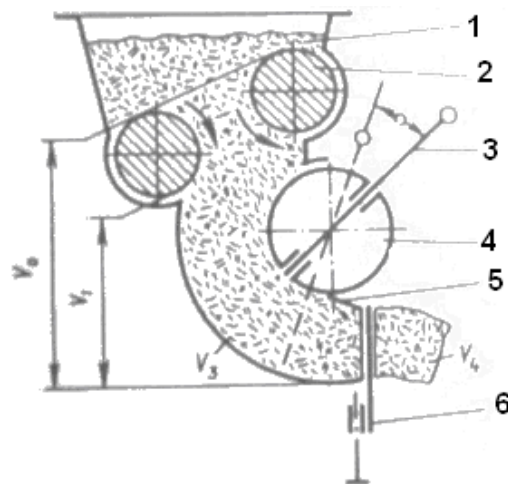


Рисунок 1.3. Функціональна схема тістоподільної машини з лопатевим нагнітачем (лопать, що коливається) без подільної головки: 1 – приймальна лійка; 2 – нагнітальний валик; 3 – лопать, що коливається; 4 – поворотний барабан; 5 – мундштук; 6 – відсічний ніж.

Сюди належать тістоподільні машини, які випускаються в багатьох закордонних країнах: „Дива”, „Ультима” (ФРН), „Соча” (Югославія), С-70 (Угорщина) та інші. Машини цієї групи відрізняються порівняно м’яким механічним впливом на тісто, низьким тиском в робочій камері, високою точністю поділу та малим споживанням енергії. Однак її конструкція складна, відрізняється великою кількістю передач та важільних механізмів, що швидко зношуються.

Тістоподільні машини з лопатевим нагнітачем, виконані у вигляді барабану з лопаттю, що забирається, та подільною головкою з механічним приводом мірних поршнів (рис. 1.4). Являють собою новий напрямок. У промисловості такі машини ще не працюють, але захищені авторськими свідоцтвами мають істотні переваги, знайомство з якими буде, без сумнівно корисним.

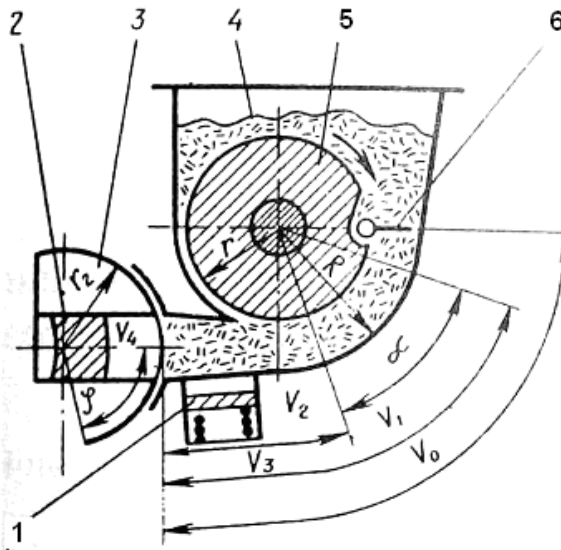


Рисунок 1.4. Функціональна схема тістоподільної машини з лопатевим нагнітачем (поворотна лопать, яка забирається) і подільною головкою: 1 – стабілізатор тиску; 2 – мірний поршень; 3 – подільна головка; 4 – приймальна лійка; 5 – барабан, що обертається; 6 – лопать, яка забирається.

Тістоподільні машини з роторним нагнітачем та додатковим валковим живильником без подільної головки (рис. 1.5). Відрізняються тим, що нагнітач виконаний у вигляді ротора із вирізом певної конфігурації, який використовується для подачі та нагнітання тіста. Ця група машин також належить до нових розробок, захищених авторськими свідоцтвами та патентами. У них поєднуються простота конструкції та управління, раціональна побудова робочого процесу, висока продуктивність.



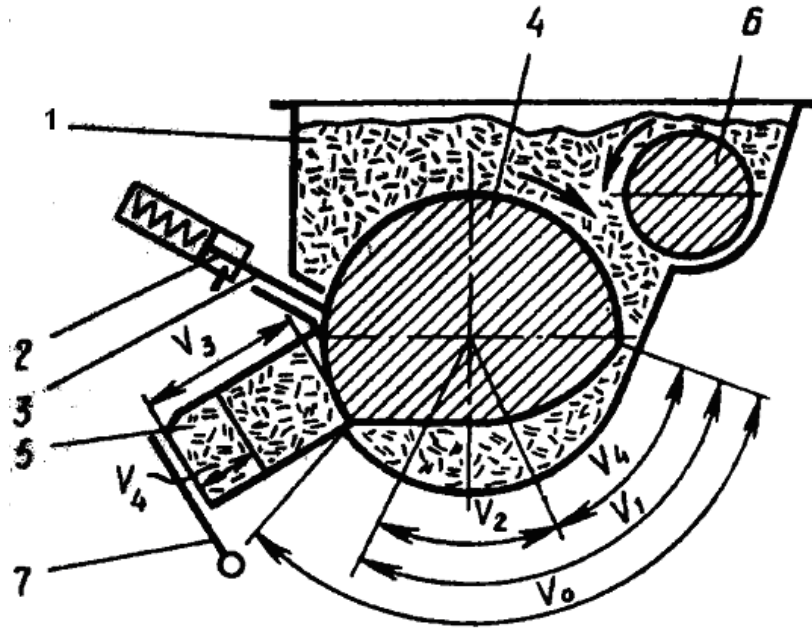


Рисунок 1.5. Функціональна схема тістоподільної машини з роторним нагнітачем без подільної головки: 1 – приймальна лійка; 2 – обмежувач ходу заслінки; 3 – підпружена відсічна заслінка; 4 – роторний нагнітач; 5 – буферна камера; 6 – живильний валик; 7 – відсічний ніж.

Тістоподільні машини з валковим нагнітачем та подільною головкою (рис. 1.6).

До них належать ХДВ, РТ2-РМК, системи Целіка, ХЛС-9 та інші. Валкові нагнітачі звичайно використовують для пшеничного тіста, вони відрізняються порівняно м'якою дією на тісто. Тиск, що створюється нагнітачем у робочій камері, залежить від діаметра валків та зазору між ними. Машини звичайно працюють без стабілізаторів тиску. Подільні головки багато кишенькові, але під заповнення у більшості випадків знаходиться одна кишенька.

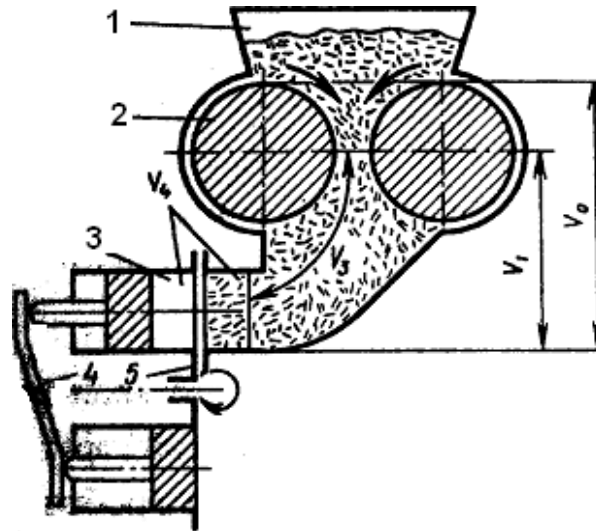


Рисунок 1.6. Функціональна схема тістоподільної машини з валковим нагнітачем і подільною головою: 1 – приймальна лійка; 2 – нагнітаючий валик; 3 – мірна камера; 4 – механізм регулювання ходу поршня; 5- подільна головка.

Тістоподільні машини з валковим нагнітачем та барабаном з ребордами без подільної головки (рис. 1.7).

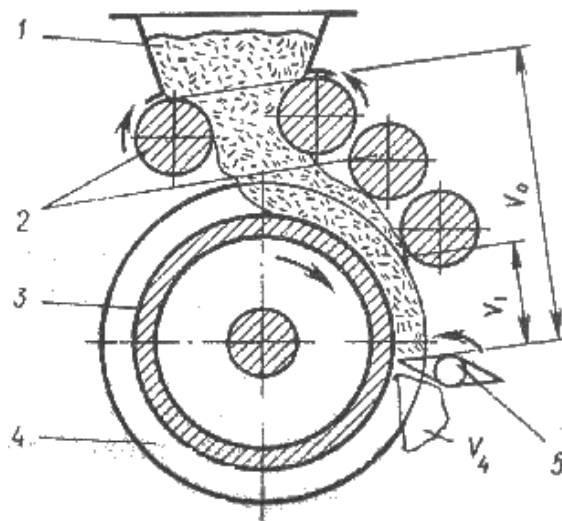


Рисунок 1.7. Функціональна схема тістоподільної машини з валковим нагнітачем і прокачувальним пристроєм без подільної головки: 1 – приймальна лійка; 2 – нагнітальні валики; 3 – формуючий барабан; 4 – реборда барабану; 5 – відсічний ніж.

Це багаторядні тістоподільні машини ФАТВ (Німеччина), „Гефра” (Голландія) та інші. Вони призначаються для виготовлення мілко штучних виробів із пшеничного сортового борошна. В цих машинах тісто формується методом прокатки, яка за інтенсивністю припрацювання аналогічна обтисненню тіста під тиском у закритій камері. Відділення шматків від прокатоної стрічки проводиться ножами, що обертаються. Тістоподільна машина компонується з оригінальним багаторядним округлювачем, після якого тістові заготовки виходять рядами по 4-5 штук.

Тістоподільні машини із шнековими нагнітачами та поворотною подільною головкою (рис. 1.8). До них відносяться ХДФ-М2, „Кузбас” та інші, призначені для поділу житнього, житньо-пшеничного та тіста із пшеничного борошна другого гатунку. Нагнітання тіста виконується за допомогою одного або двох шнеків, стабілізатори тиску відсутні, подільні головки поворотні барабанного типу зі спареними плаваючими поршнями, які переміщуються завдяки тиску тіста.

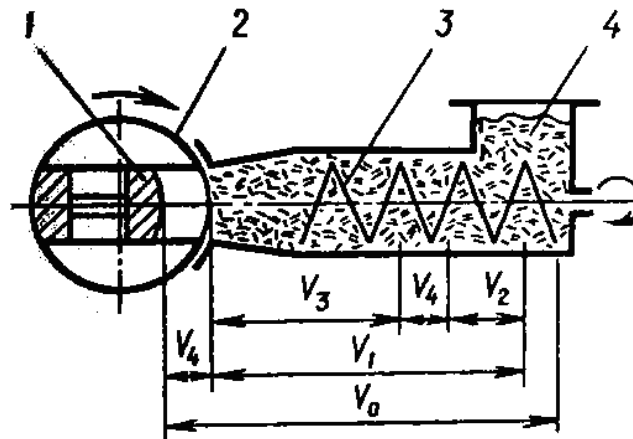


Рисунок 1.8. Функціональна схема тістоподільної машини із шнековим нагнітачем і подільною головкою: 1 – мірний поршень; 2 – подільна головка; 3- нагнітальний шнек; 4 – приймальна лійка.

Тістоподільні машини із шнековими нагнітачами без подільної головки (рис. 1.9).

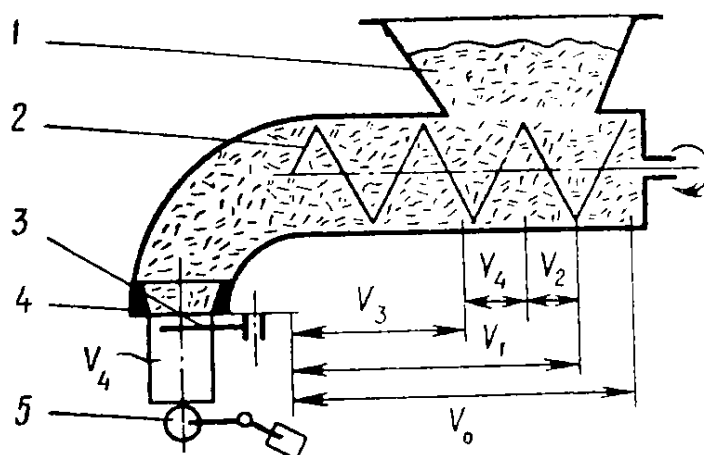


Рисунок 1.9. Функціональна схема тістоподільної машини шнековими нагнітачами без подільної головки: 1 – приймальна лійка; 2 – нагнітальний шнек; 3 – відсікаючий ніж; 4 – мундштук; 5 – ролик, який включає привід ножа.

Це ХДР, „Роботер”. Вони відрізняються від попередніх тим, що розподіл тіста на шматки виконується за допомогою ножа, який періодично відсікає тістову масу, що безперервно протискується крізь мундштук у вигляді циліндра. Точність поділу у цієї групи машин значно нижче, ніж у попередньої, але вони менше впливають на тісто та потребують значно менших витрат енергії на привід машини.

Поділ тіста відбувається на тістоподільних машини різних конструкцій. Всі існуючі машини поділяють тісто на шматки по об'ємному принципу. По способу відмірювання об'ємів шматків тіста тістоподільні машини поділяються на три групи: з відділенням шматків від тістового джгута при виході його з постійною швидкістю з машини; з відділенням шматків тіста від загальної маси мірними кишнями і штампуванням шматків тіста заданого об'єму із загальної маси тіста.

Однією з основних вимог, яка пред'являється до всіх тістоподільних машин, є точність поділу, тобто сталість установленної маси кожного окремого шматка тіста. Точність поділу при виробленні хлібобулочних виробів не повинна бути нижче  $\pm 2,5\%$  від заданої маси шматка тіста. Точність поділу в першу чергу залежить від сталості об'ємної маси тіста, що надходить у

тістоподільну машину. Унаслідок деяких відхилень як сировини (борошна, дріжджів) і порушень у процесі приготування тіста останнє іноді надходить у ділильну машину різної консистенції і об'ємної маси. Для забезпечення більш високої точності розподілу тіста в тістоподільній машині передбачається пристрій для ущільнення тіста шляхом створення механізму для попереднього тиску. Це забезпечується застосуванням у ділильних машинах стабілізаторів тиску - пружинних, гідравлічних і пневматичних.

У тістоподільних машинах, що мають підвищений тиск наприкінці нагнітання, точність поділу більш висока. Однак при надмірному тиску, а також при тривалому механічному впливі на тісто в процесі переміщення його в тістових камерах тісто здатне змінювати свої фізико-механічні властивості, що є неприпустимим.

Крім зазначеного, точність поділу залежить від рівномірного нагнітання тіста і конструкції ділильного механізму, що забезпечує відділення шматків тіста рівного об'єму.

Таким чином, тістоподільна машина повинна забезпечувати постійну щільність тіста перед поділом його на шматки, рівномірне заповнення мірних кишень тістом або постійною швидкістю випресовування тістового джгута і можливість регулювання маси шматків тіста у визначених межах.

В залежності від кінематичного зв'язку ділильного механізму з загальним механізмом машини всі тістоподільні машини поділяються на дві групи: машини з фіксованим і нефіксованим ритмом відділення шматків тіста. У машинах першої групи кінематичні ланки ділильного механізму жорстко зв'язані з кінематичними ланками всієї машини, тому ділильний механізм працює з постійним ритмом у визначеній послідовності з іншими органами машини. У машинах другої групи ділильний механізм кінематично не зв'язаний із загальним механізмом машини і включається в роботу тільки при досягненні шматком тіста заданого об'єму.

Тістоподільні машини з фіксованим ритмом роботи мають постійну продуктивність по кількості шматків, але забезпечують меншу точність поділу, чим машини з нефіксованим ритмом роботи. Тістоподільні машини з нефіксованим ритмом роботи забезпечують більш високу точність поділу, але вони мають непостійний період циклу поділу, що залежить від подачі тіста; унаслідок цього машини мають непостійну продуктивність, що обмежує їхнє використання в автоматизованих потокових лініях.

Широке застосування отримали тістоподільні машини із шнековим нагнітанням тіста. Шнекове нагнітання зазвичай застосовують при поділі тіста з житнього і пшеничного борошна II сорту, а поршневе, валкове і пневматичне нагнітання застосовують при поділі тіста з пшеничного борошна I і вищого сорту, тому що при шнековому нагнітанні пшеничного тіста погіршується структура його клейковини.

Ці машини, як правило, використовуються для поділу на шматки тіста з житнього і пшеничного обойного борошна і борошна II сорту. До цієї групи відносяться машини з фіксованим і нефіксованим ритмом роботи.

В даний час шнекове нагнітання тіста застосовується в тістоподільних машинах ХДР-М, ХДФ-Р і ДРХ-2, які відносяться до тістоподільних машин із зовнішнім відсіканням тіста і нефіксованим ритмом роботи, і в машинах «Кузбас», ТДС і ХДФ-М2, що відносяться до тістоподільних машин з відділенням тіста мірними кишнями і фіксованим ритмом роботи.

Тістоподільна машина ХДР-М (рис. 10, а) призначена для поділу тіста з житнього і пшеничного обойного борошна на шматки масою 0,5—2,5 кг. Тісто надходить у прийомну воронку 1, звідкіля шнеком 2, розташованим у циліндричному корпусі 3, нагнітається в кутовий відвід 4, з якого через матрицю 5 випресовується у вигляді тістового джгута циліндричної форми. При досягненні тістовим джгутом ролика 6 останній, відхиляючи вниз під дією маси джгута, через тягу 7 включає муфту 8, у результаті чого приводиться в рух пластинчастий ніж 9, що обертається в горизонтальній площині і відрізає

шматок тіста від джгута. Шматок тіста, падаючи на прийомний стрічковий транспортер 10, звільняє ролик, який повертаючись в первинне положення, через тягу 7 виключає муфту 8. Маса шматка тіста залежить від відстані між площиною зрізу джгута і роликом.

На рис. 1.10, б показаний механізм включення ножа тістоділильника. Під дією маси джгута ролик 6 з важелем 11 опуститься, поверне важіль 12, що розвилкою 13 звільнить палець 14. У результаті під дією пружини 15 палець ввійде в зачеплення з зубами постійно обертаючої напівмуфти 16, що через вал 17 і конічні шестірні 18 приведе в обертання ніж 9. Відрізаний шматок тіста, падаючи на транспортерну стрічку, звільняє ролик; у результаті під дією вантажу 19 повернеться важіль 12, що розвилкою виведе з зачеплення з напівмуфтою 16 палець 14 і роз'єднає напівмуфти 16 і 20. Одночасно кулачок 21, упираючись у розвилку, миттєво зупиняє рух вала 17, фіксуючи вихідне положення ножа 9.

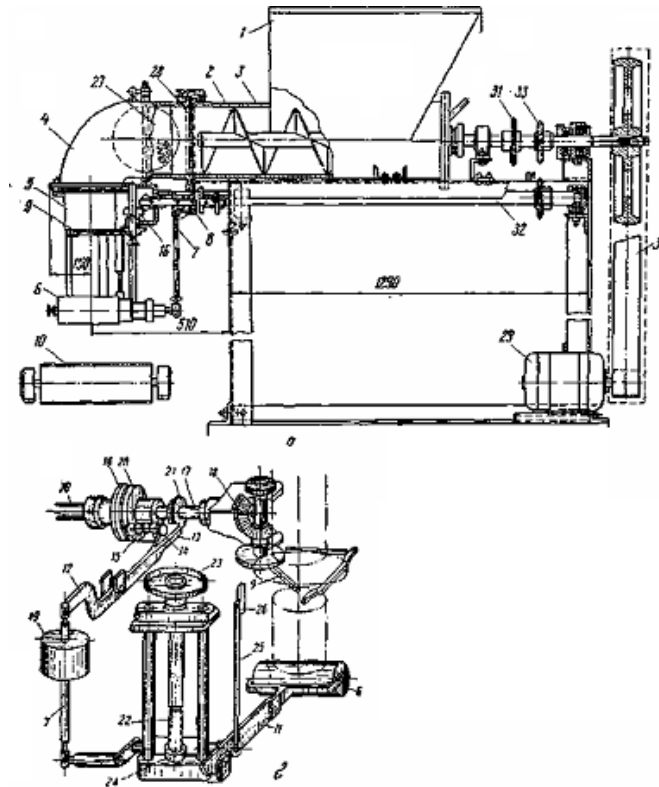


Рисунок 1.10. Тістоподільна машина ХДР-М: а - загальний вигляд, б –  
схема ввімкнення ножа.

На рис. 1.10, б показаний механізм включення ножа тістоділильника. Під дією маси джгута ролик 6 з важелем 11 опуститься, поверне важіль 12, що розвилкою 13 звільнить палець 14. У результаті під дією пружини 15 палець ввійде в зачеплення з зубами постійно обертаючої напівмуфти 16, що через вал 17 і конічні шестірні 18 приведе в обертання ніж 9. Відрізаний шматок тіста, падаючи на транспортерну стрічку, звільняє ролик; у результаті під дією вантажу 19 повернеться важіль 12, що розвилкою виведе з зачеплення з напівмуфтою 16 палець 14 і роз'єднає напівмуфти 16 і 20. Одночасно кулачок 21, упираючись у розвилку, миттєво зупиняє рух вала 17, фіксуючи вихідне положення ножа 9.

Регулювання маси шматка тіста виконується обертанням гвинта 22 штурвалом 23, при цьому гайка 24, переміщуючись уздовж гвинта, змінює положення ролика по висоті. Одночасно переміщається планка 25, що вказує на шкалі 26 величину маси шматка тіста, Крім того, для регулювання швидкості потоку тіста (рис. 1.11, а) встановлена поворотна заслінка 27. Для затримки різних сторонніх тіл, що потрапили в тісто, між корпусом і відводом встановлено металеві ґрати 28.

Машина приводиться в рух від електродвигуна 29 ( $N = 2,8$  кВт,  $n = 960$  об/хв) через клинопасову 30 і ланцюгову передачу 31. Вал 32 механізму включення ножа приводиться в рух за допомогою ланцюгової передачі 33.

Продуктивність тістоподільної машини 60 шматків у хвилину. Точність поділу цієї машини складає  $\pm 2,5\%$ . Для забезпечення зазначеної точності поділу необхідно в прийомній воронці дільника підтримувати найвищий постійний рівень тіста.

Тістоподільна машина ХДФ-Р має аналогічний принцип дії і відрізняється від машини ХДР-М наявністю хитного ворошителя, встановленого в прийомній воронці, і муфти для включення ножа. Замість



ролика в ділильній машині встановлена площадка. Призначення ворошителя - проштовхувати тісто з прийомної лійки в камеру.

Ділильна машина призначена для поділу житнього і пшеничного тіста зі обойного борошна на шматки 0,5-1,5 кг. У рух ділильна машина приводиться від електродвигуна ( $N = 1,7$  кВт,  $n = 960$  об/хв) через клинопасову і зубчасту передачу. Тістоподільник має три змінні матриці з діаметром отворів 90,100 і 110 мм, які застосовуються для отримання шматків тіста різної форми і маси. Точність поділу машини складає  $\pm 2\%$ . Регулювання маси шматків тіста досягається переміщенням прийомної площадки за допомогою штурвала. Недоліком машини є наявність плоскої прийомної площадки, що не забезпечує задовільного скидання шматків тіста і вимагає постійного змочування її водою. На ряді підприємств ця площадка замінюється роликом.

Тістоподільна машина ТДС, призначена для поділу тіста з житнього і пшеничного борошна різних сортів на шматки масою 0,4- 1 кг. За принципом поділу і конструкції ця машина аналогічна тістоподільнику «Кузбас». Тісто з прийомної воронки нагнітається шнеком у мірну кишеню ділильного барабана, у якому встановлений двосторонній поршень. Барабан має періодичне обертання з поворотом на  $180^\circ$ . Продуктивність машини 62 шматка за хвилину.

Вкладач-подільювач тістових заготовок марки ЩЗЗ-ХДЗ призначений для ділення пшеничного тіста на заготовки однакової маси і вкладання його на конвеєр. Застосовується на підприємствах хлібопекарної промисловості при випічці хліба і хлібо-булочних виробів подових сортів.

Ділення тіста в машині здійснюється по об'єму з підтримання постійної густини в кусках. Лопать, що неперервно обертається, переміщає його в тістовій камері і нагнітає в мірні кармани. Куки тіста однакового об'єму відмірюються за допомогою мірних карманів, розміщених в ділильній головці, що неперервно обертається. Маса тістових заготовок регулюється на ходу маховичком, що змінює об'єм мірного кармана.

Тістова камера, ділильна головка, і транспортер розміщені консольно на

станині машини. Стабілізатор тиску (механізм дроселювання) пов'язаний безпосередньо з засувкою в зоні нагнітання тіста.



Рисунок 1.11. Вкладач-поділювач тістових заготовок марки ЩЗЗ-ХДЗ.

При роботі машини з бункера тісто подається в камеру, де захоплюється лопаттю, що неперервно обертається. Спочатку засувка відкрита і газ, які містяться в тісті, виштовхуються назад в бункер. Потім вона закривається і під тиском лопаті тісто заповнює мірний карман ділильної головки, з'єднаної в цей момент з тістовою камерою.

Наявність стабілізатора тиску (механізму дроселювання) дозволяє підтримувати в зоні нагнітання певний тиск, що забезпечує постійну густину тіста, що поступає в мірний карман. Завдяки засувці, яка під впливом надлишкового тиску повертається, долаючи опір пружини механізму дроселювання, надлишок тіста потрапляє назад в бункер.

При заповненні тістом наступного мірного кармана поршень, переміщуючись, виштовхує відміряну раніше масу тіста. Заготовка відділяється від ділильної головки ножом.

Маса тістових заготовок 0,22...1,2 кг змінюється зі зміною об'єму мірного карману ділильної головки.

## 1.2 Призначення, будова та принцип роботи тістоділильника марки Кузбас

Тістоділильник Кузбас даної конструкції належить до типу подільників з фіксованим ритмом роботи.

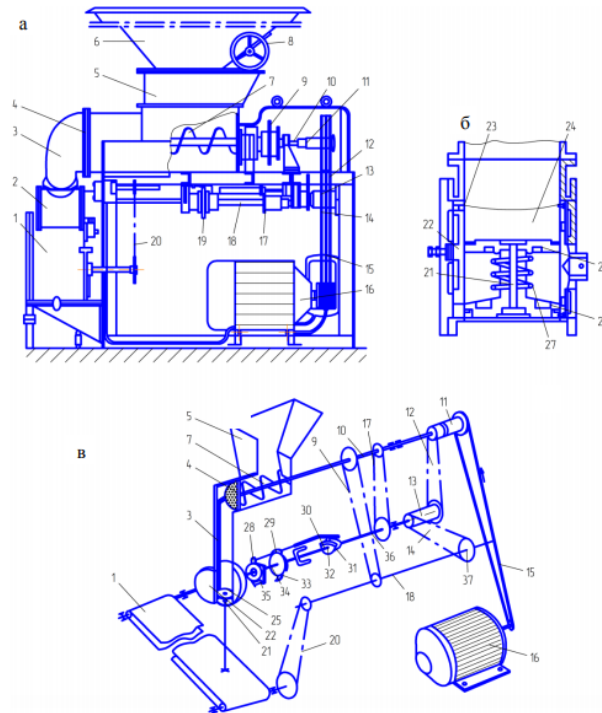


Рисунок. 1.12. Тістоділильна машина «Кузбас-68-2М»: а - загальний вигляд; б - ділильний барабан; в - кінематична схема; 1 - приймальний транспортер; 2 – ділильна головка; 3 - кутове відведення; 4 - решітка; 5 - приймальна воронка; 6 - завантажувальний бункер; 7 – нагнітальний шнек; 8 - штурвал; 9, 12, 14, 17, 20 - ланцюгові передачі; 10 - головний вал; 11 - блок шківів; 13 - блок зірочок; 15 - клинопасова передача; 16 - електродвигун; 18, 34, 36 - вали; 19 - храповий механізм; 21 - гвинт; 22 - ділильний барабан; 23 - упорна шпилька; 24 - мірна кишень; 25, 26 – частини поршня; 27, 31 - пружини; 28, 29 - ролики; 30 - собачка; 32 - важіль; 33 - храпове колесо; 35 - кулачковий диск; 37 - змінна зірочка.

Машина (рис. 1.12) складається з приймальної воронки 5, нагнітального шнеку 7, ДГ 2, станини і приводу. Тісто з воронки 5 шнеком 7 нагнітається

через кутовий відведення 3 в мірну кишеню 24 ДБ 22, що періодично обертається всередині головки 2. Усередині мірної кишені розташований двосторонній поршень, що складається з двох частин 25, 26. При тиску тіста поршень переміщається вниз до упорних шпильок 23, звільняючи кишеню для заповнення тістом.

Після закінчення заповнення кишені ДБ за допомогою храпового механізму 19 повертається на 180°. При цьому тісто, що знаходиться в камері, створюючи тиск на двосторонній поршень, переміщує його вниз. При русі поршень виштовхує з кишені шматок тіста, одночасно звільняючи верхню частину мірної кишені для подальшого заповнення. Шматки тіста надходять на приймальний транспортер 1.

Регулювання маси шматків тіста виробляється зміною обсягу мірної кишені шляхом зближення, або видалення половинок поршня за допомогою гвинта 21 і пружини 27. Продуктивність тістоділителя можна міняти за допомогою змінної зірочки 37. Машина приводиться в рух від електродвигуна 16. Рух клиноремінною передачею 15 передається на блок 11 шківів і зірочки, порожнистий вал яких встановлено на кулькових підшипниках на головному валу 10. Ланцюгова передача 12 передає рух на блок зірочок 13, від якого ланцюговою передачею 14 обертається вал 18. Від цього валу ланцюговою передачею 9 приводиться в обертання головний вал 10 з нагнітальним шнеком 7. Від вала 18 ланцюговою передачею 20 приводиться в рух приймальний стрічковий транспортер 1. Від головного валу ланцюговою передачею 17 обертання безперервно передається ведучому валу 36, а від нього - ДБ.

Уривчастість руху барабана здійснюється за допомогою спеціального механізму, храпове колесо 33 якого укріплено на веденому валу 34. Важіль 32, що безперервно обертається, має шарнірно укріплену «собачку» 30, на осі якої укріплені два ролика. Ролик 29 входить в зачеплення з зубами храпового колеса 33 і таким чином передає обертання ДБ, а ролик 28 за допомогою пружини 31 притискається до поверхні нерухомо встановленого кулачкового диска 35. При

обертанні важеля 32 ролик 28 котиться по зовнішній поверхні кулачкового диска 35 і, піднімаючись на гребінь диска, виводить ролик 29 із зачеплення з храповим колесом. При цьому ДБ, укріплений на валу 34, зупиняється і МК заповнюється тістом. Коли ролик 28 сходить з гребня диска, ролик 29 під дією пружини 31 знову вводиться в зачеплення з храповим колесом і ДБ повертається на 180 °, після чого цикл повторюється.

Тістоділитель випускається з завантажувальним бункером 6, який має заслінку, призначену для регулювання подачі тіста в воронку тістоділителя за допомогою штурвала 8. Для попередження попадання сторонніх предметів в ділильний механізм між фланцями кутового відведення 3 і корпусу шнека вставлена решітка 4. Лівий кінець шнека у решітки розташований в опорній чавунній втулці, яка за допомогою чотирьох спиць з'єднана з фланцем.

Технічні характеристики Кузбас-68-2М:

Продуктивність, шт./хв.	35-96
Маса тістових заготовок, г	400-1400
Точність поділу, %	1,5
Встановлена потужність, кВт.	4
Габаритні розміри, мм.	2000x1750x1350
маса, кг	600

### **1.3 Аналіз процесів під час нагнітання тіста в тістоділильнику**

#### **1.3.1 Аналіз модельних представлень типів неньютонівських рідин**

Будь-який харчовий продукт має властивості, що його характеризують. Це цінова вартість виробництва даного тіста, якісні характеристики: органолептичні показники, калорійність, біологічна цінність (вміст вітамінів, мікроелементів, органічних кислот тощо), строк придатності тіста та ін. Усі ці характеристики однаковою мірою важливі для споживача.

Однак є найважливіша властивість харчових продуктів – це створена в процесі виробництва структура тіста. Без структури немає й самого тіста. Структура тіста характеризується реологічними показниками: ефективною, пластичною, структурною, одиничною в'язкостями, межею текучості (статичною й динамічною), відносною деформацією, модулем пружності та іншим.

У процесі виробництва будь-якого тіста його якісну структуру, можна отримати за умов правильного підбору як вихідних компонентів, їхнього хімічного складу так і вибору оптимальних процесів та апаратів.

«Академік П.О. Ребіндер розробив теорію фізико-хімічної механіки дисперсних структур і матеріалів, використання якої дозволяє одержувати харчові продукти із заздалегідь заданими властивостями за допомогою оптимальних технологічних процесів переробки різноманітних речовин як вихідної сировини. В основі цієї теорії лежать закони структуроутворення дисперсних структур, у тому числі й харчових продуктів»[4].

Механічні властивості реальних тіл характеризуються міцністю, пружністю, пластичністю, в'язкістю, липкістю (адгезією). Зазначені властивості залежать не тільки від хімічного складу матеріалу, а й від будови або структури. Отже, правильніше ці властивості називати структурно-механічними або реологічними.

Під час реологічних досліджень систем ґрунтуються на:

- гіпотезі суцільного середовища, що деформується та характеризується мірою рухливості, величиною й швидкістю зсуву;
- гіпотезі безперервності розподілу основних фізичних властивостей і швидкостей деформацій.

З огляду на ці дві гіпотези в реології широко використовується апарат математичного аналізу, що застосовується до безперервних функцій.

Особливість цих речовин, як і дисперсних систем, полягає в тому, що в ході дослідження й виробництва необхідно враховувати нелінійність рівнянь,

що пов'язують деформації й швидкості деформацій із напругами. У наш час методи реології широко використовуються в техніці й розрахунках, ними користуються під час дослідження різних матеріалів в тому числі і харчових продуктів.

Велика роль у поширенні методів реології належить проф. М.П. Воларовичу, який одним із перших став застосовувати їх для різних досліджень. Широке застосування методів реології в багатьох галузях промисловості обумовлено двома основними причинами:

- фізико-механічні константи речовини, що визначаються методами реології в абсолютних одиницях, дозволяють робити розрахунки різних випадків плину систем по трубах, спусках, ринвах, у робочих органах машин і т.д.;

- ці константи дозволяють робити висновки про якість певних продуктів або напівфабрикатів, тобто контролювати й регулювати технологічний процес.

За даними Скотт-Блера, за допомогою реологічних експериментальних порівнянь можна простіше й швидше визначити відповідність стандарту хімічного складу тіста, ніж за допомогою відповідних хімічних аналізів.

Неньютонівські рідини – це колоїдні суспензії й рідиноподібні речовини зі значними молекулярними масами, тобто рідиноподібні продукти, що належать до дисперсних систем. Вони мають просторову структуру, що під зовнішнім впливом здатна руйнуватися й відновлюватися. До цієї групи рідин належить більшість продуктів харчових і кулінарних виробництв в тому числі і борошняні вироби.

Отже, динамічна в'язкість неньютонівських рідин не залишається постійною при заданій температурі й тиску і залежить від інших факторів, таких як швидкість деформації зсуву, конструктивні особливості апаратури, у якій перебуває рідина, й передісторія рідини.

Неньютонівські рідини можна розподілити на три великі групи: стаціонарні системи, для яких співвідношення між швидкістю зсуву й напругою

зсуву не залежить від часу; нестационарні системи, для яких зв'язок між напругою та швидкістю зсуву залежить від часу; системи, що мають властивості як твердого тіла, так і рідини й частково проявляють пружне відновлення форми після зняття напруги, так звані в'язкопружні рідини.

Серед дисперсних харчових продуктів найчастіше зустрічаються системи з коагуляційною структурою. Багато вчених відзначають, що такі властивості коагуляційних систем, як тиксотропія, релаксація, пластичність і повзучість мають велике практичне значення для оцінки технологічних характеристик сировини й готових продуктів, вибору доцільних процесів технологічної обробки, режимів і оптимальних умов їх здійснення, розробки способу автоматичного регулювання технологічних процесів тощо.

### **1.3.2 Зв'язок реології із процесами виробництва хлібних продуктів**

У процесах виробництва хлібних продуктів ми спостерігаємо деформації зсуву, що супроводжуються зміною швидкості зсуву й напруги зсуву, під час перемішування, екструзії, формування, дозування, фасування, транспортування харчових матеріалів по трубопроводах і у всіх апаратах, які мають робочі органи, що рухаються. У всіх цих випадках проявляються особливі фізико-механічні властивості харчових продуктів, що є неньютонівськими рідинами. Ці властивості неможливо не враховувати в ході вдосконалення процесів, розрахунку й проектування встаткування.

Під час дослідження процесів виробництва хлібних продуктів прийнято ділити всі структурно-механічні властивості матеріалів на три види:

1. Зсувні властивості харчових продуктів проявляються під час впливу на них робочих органів машин і апаратів, таких як мішалки, ротори, шнеки, різці, ножі, пуансони, матриці, екструдери тощо.

2. Компресійні властивості матеріалів спостерігаються під час транспортування продуктів по трубопроводах, формування продуктів у



замкнутому просторі й узагалі у всіх випадках, коли на матеріал, що переробляється, впливає надлишковий тиск.

3. Поверхневі властивості проявляються найчастіше під час адгезійно-когезійної взаємодії продуктів із поверхнею матеріалу апарата й тістоділильника.

При цьому в тій чи іншій мірі спостерігається липкість тіста, величина якої впливає на витрати енергії під час виробництва харчових продуктів і їхню якість.

Група основних показників, що визначаються в ході дослідження пружно-в'язких властивостей харчових продуктів, включає: граничну напругу зсуву, динамічну граничну напругу зсуву, пластичну в'язкість, темп руйнування структури, ефективну в'язкість при одиничній швидкості зсуву, миттєву деформацію, деформацію пружної післядії, час релаксації, липкість.

Метою проведення реологічних досліджень є:

1. Розробка нових ресурсозберігаючих технологій, що дозволяють одержувати високоякісні харчові продукти із заздалегідь заданими властивостями шляхом цілеспрямованого регулювання їх реологічних параметрів.

2. Удосконалення й оптимізація процесів і апаратів виробництва харчових продуктів.

Під час впливу пристроїв, на продукт, що переробляється, потужність, яка витрачається на оброблення, залежить не тільки від гідродинаміки, а й від ступеня руйнування структури тіста, його в'язкості. Для розробки оптимальної конструкції робочих органів пристрою, необхідно вивчити їх вплив на реологічні параметри тіста, що обробляється. Інколи необхідно враховувати деформації пружної післядії, що розвиваються в продукті, в ході вдосконалювання й оптимізації формувального встаткування необхідно досліджувати, крім інших реологічних параметрів, час релаксації тіста.

3. Удосконалення методик розрахунку й проектування устаткування, що сприяють енерго- і матеріалозбереженню під час його виготовлення й експлуатації.

Структурно-механічні властивості характеризують поведження тіста в умовах напруженого стану. За видом докладання зусилля або напруги до тіста ці властивості можна розділити на зсувні, об'ємні й поверхневі. Особливо важливим є вивчення зсувних властивостей, що характеризують поведження об'єму тіста в разі впливу на нього дотичних напружень.

#### **1.4 Техніко-економічне обґрунтування модернізації тістоділильного машини Кузбас**

Техніко-економічні показники роботи підприємства і якісні характеристики тіста, а отже і готової продукції – хліба, в значній мірі визначаються його поділом на шматки певної ваги з максимальною точністю поділу, від якої залежить надалі і якість готового хліба. Тому оптимізація процесу поділу, подальше вдосконалення технології і обладнання для поділу тіста, розробка науково обґрунтованих оптимальних режимів поділу, які забезпечили б мінімальні витрати на виробництво одиниці продукції і високу якість її, є найважливішими техніко-економічними задачами, що стоять перед інженерами-механіками хлібопекарських виробництв.

В даному проекті виконується модернізація тістоподільної машини, призначеної для механізації заключних операцій по поділу хліба. Точність поділу тістових заготовок являється дуже важливим економічним чинником, так як дає суттєву економію напівфабрикатів і значно підвищує якість готової продукції.

З народногосподарської точки зору оптимальною є та подільна установка, яка вимагає мінімальних витрат на вироблення одиниці продукції при високій її якості. Отже, особливе значення для промисловості має оптимізація роботи

тістоподільників. Зокрема, запропонована модернізація передбачає зниження витрат електроенергії і підвищення точності поділу тістових заготовок, а отже і покращення якості готової продукції.

### **1.5 Мета і завдання дипломної роботи.**

Метою дипломної роботи є модернізація тістоділильника зі шнековим нагнітанням і подільною головкою Кузбас-68-2М для підвищення якості готового продукту, спрощення роботи і обслуговування модернізованого обладнання.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

- провести аналіз конструкцій формувальних машин, які використовуються у харчових виробництвах;
- провести аналіз основних технологічних процесів нагнітання тіста;
- провести техніко-економічне обґрунтування актуальності дослідження і модернізації тістоподільником марки Кузбас-68-2М;
- провести загальний аналіз конструкції і принципу дії тістоділильника марки Кузбас-68-2М і його окремих вузлів;
- провести розроблення і розрахунок кінематичної схеми модернізованого тістоділильника;
- провести конструктивні розрахунки елементів конструкції тістоділильника;
- провести теоретичне дослідження впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей нагнітального вузла тістоділильника;
- розробити заходи з охорони праці і техніки безпеки, заходи з охорони навколишнього середовища, заходи з безпеки життєдіяльності та цивільної оборони;
- провести економічне обґрунтування прийнятих в роботі рішень.

## 2. РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ЗБІЛЬШЕННЮ ПРОДУКТИВНОСТІ ТІСТОДІЛИЛЬНИКА МАРКИ КУЗБАС-68-2М

### 2.1. Аналіз структури тістоділильника марки Кузбас-68-2М

Тістоділильник Кузбас-68-2М призначений для поділу тіста з пшеничної і житньої муки на шматки масою 0,4 - 1,4 кг та укладання шматків тіста в хлібопекарські форми, що подаються синхронно під ділильну головку ланцюговим транспортером тістоділителя.

Створення машини починається з представлення її структури, яку виконують у вигляді структурної схеми. Нанесення умовних позначень і ліній на структурній схемі починають від електродвигуна і закінчують робочими органами чи виконавчими механізмами.

Складаємо структурну схему:

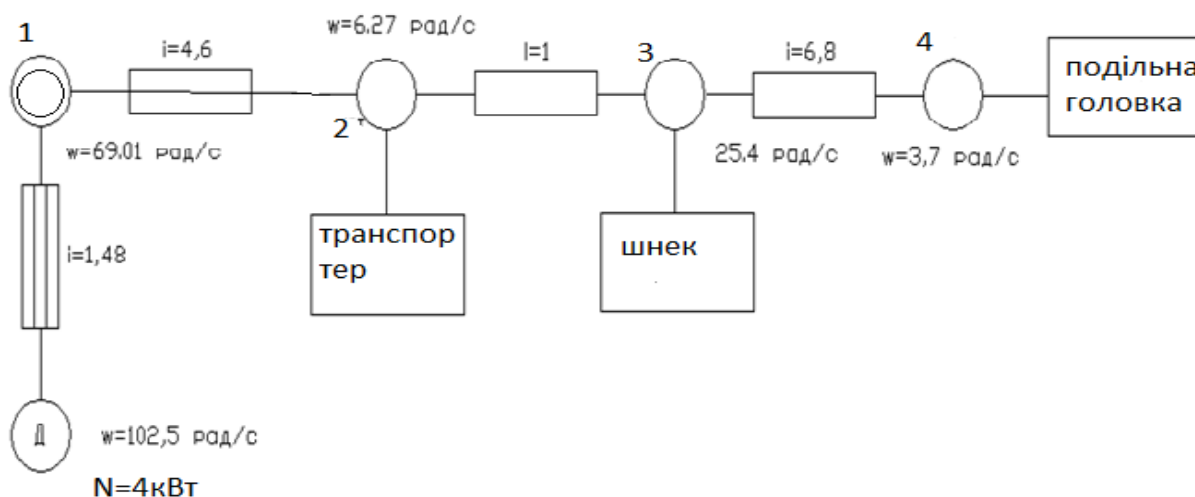


Рисунок 2.1. - Структурна схема машини «Кузбас».

КМ від електродвигуна через пасову передачу передається на вхідний пустотілий вал, звідти рух через ланцюгову передачу передається на вал

стрічкового транспортера. Одночасно рух через ланцюгову передачу передається на вал шнека, з валу 3 рух через ланцюгову передачу знову передається на вал подільної головки, яка працює зменшуючи кількість обертів і збільшуючи КМ.

### **2.1.1 Обґрунтування, основний зміст і опис модернізації технологічного обладнання**

Модернізацією даної тістоділильної машини являється зміна приводу машини: з приводу який складався з двигуна, клинопасової передачі і редуктора на привід з двигуна-редуктора зі встановленим на ньому перетворювачем частоти, що дає змогу значно зменшити габарити тістоділильника, спростити ремонт машини і її налагодження, простіше керувати роботою машини, плавно регулювати споживання електроенергії і її продуктивність, а також встановлення фіксатора на ДГ, що виключає розгвинчування регульовального гвинта від сил інерції і значно підвищує точність поділу. Також зміцнюємо кришки на робочій камері тістоділильної машини задля запобіганню її зриву в процесі експлуатації.

Отже, дана модернізація дасть змогу збільшити надійність роботи обладнання, зменшить витрати енергії при використанні роботи подільника не на максимальну потужність, полегшить роботу обслуговуючого персоналу і спростить ремонт і обслуговування агрегату, що в наш час є значною позитивною ознакою.

Основним робочим органом в тістоділильних машинах зі ШН є шнек, розміри якого, виходячи з дослідних даних, варто приймати в межах у мм: діаметр 150-250; крок 120-200. Число обертів шнека 100-300 об./хв., у залежності від заданої продуктивності і маси шматків тіста.

## 2.2 Розрахунок продуктивності і потужності модернізованого тістоділильника „Кузбас”

Розрахуємо продуктивність і потрібну потужність модернізованої тістоділильної машини „КУЗБАС” зі ШН.

Продуктивність тістоподільних машин, у яких поділ тіста виконує ДГ з мірними кишнями (незалежно від способу нагнітання тіста в ДГ), розраховується по формулі:

$$P = S \times n_d \times m \quad (2.1)$$

де  $S$  - кількість мірних кишень в ДГ;  $n_d$  - число циклів руху ДГ, (об/хв.);  $m$  - вага шматка тістової заготовки (залежить від виду виробу), в нашому випадку  $m = 1140$ (г).

$$P = 2 \times 17 \times 1,140 = 38,76 \left( \frac{\text{кг}}{\text{хв.}} \right)$$

Потужність, яка необхідна для приводу нагнітача:

$$N_1 = M_{KP} \times \varpi \quad (2.2)$$

де  $\varpi$  - кутова швидкість обертання шнека;  $M_{KP}$  - КМ на валу шнека.

$$\varpi = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{3,14 \times 120}{30} = 12,56 \left( \frac{\text{рад}}{\text{с.}} \right)$$

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

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

$$Ko = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \times f \times \sin 2\alpha) \quad (2.3)$$

$$Ko = 1 - (0,75 - 0,5 \times 0,3 \times 0,866) = 1 - 0,62 = 0,38$$

$$M_{KP} = 0,131 \times 2 \times (1 - 0,38) \times 0,2 \times 10^6 \times (0,235^3 - 0,05^3) \times 0,3639 = 241 (\text{Н} \times \text{м})$$

$$N_1 = 241 \times 12,56 = 3028 (\text{Вт}) = 3,028 (\text{кВт})$$

Потужність необхідну на відсікання шматка тіста обчислимо за формулою:

$$N_2 = P \times v \times 10^{-3} \quad (2.4)$$

$$P = p_1 \times L \quad (2.5)$$

де  $p_1$  - питомий опір різанню (для житнього тіста  $p_1 = 100$  (Н/м) ),  $L$  - довжина ріжучої кромки ножа.

$$L = \pi \times D = 3,14 \times 0,125 = 0,39(\text{м})$$

$$p_1 = 100 \times 0,39 = 39(\text{Вт})$$

$$N_2 = 39 \times 12,56 \times 10^{-3} = 0,49(\text{кВт})$$

Потужність необхідну на привід нагнітача і на відсікання шматка тіста, а отже загальну потужність на привід тістоділильника, обчислимо за формулою:

$$N = \frac{N_1 + N_2}{\eta} \quad (2.6)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії робочих органів тістоділильника,  $\eta = 0,7$

$$N = \frac{13,028 + 0,49}{0,7} = 3,518(\text{кВт})$$

Сумарну потужність на привід тістоділильника приймаємо на 10 % більшою за отримане значення, для можливо потрібного запасу потужності при запуску подільника:

$$N = 3,518 \times 1,1 = 3,8698(\text{кВт})$$

Отримане значення округлюємо до ближчої більшої стандартної потужності двигуна-редуктора і приймаємо двигун-редуктор МЦ2С-80 у якого  $N = 4$  (кВт), частота обертання ВВ  $n_1 = 120$  (об/хв.) і номінальний КМ  $T_1 = 280$  (Н×м).

## 2.3. Розрахунок приводу тістоділильника марки Кузбас

### 2.3.1. Кінематичний розрахунок приводу тістоділильника марки Кузбас

Модернізацією даного тістоділильника являється зміна приводу машини з приводу який складався з двигуна ( $N = 4,0$  (кВт),  $n = 1000$  (об/хв.)),

клинопасової передачі і двоступінчастого редуктора Ц2У-125-10-11КУ2 на привід з двигуна-редуктора МЦ2С-80 і перетворювача частоти СІМР-Ј7АС44Р00.

Так як на двигуні-редукторі встановлюємо перетворювач частоти, який дає змогу регулювати оберти, а відповідно потужність і КМ, ВВ то розрахунок будемо вести по максимальному значенню, тобто по номінальному значенню потужності двигуна-редуктора. На ньому встановлено двигун АІР100L4СВ потужністю  $N = 4$  (кВт) і на виході двигун-редуктор має частоту обертання ВВ  $n_1 = 120$  (об/хв.) і номінальний КМ  $T_1 = 280$  (Н×м).

Визначаємо потужність на ВВ:

$$N_I = N \times \eta_{ред.} \quad (2.7)$$

де  $\eta_{ред.}$  - коефіцієнт корисної дії двигуна - редуктора,  $\eta_{ред.} = 0,98$ .

$$N_I = 4 \times 0,98 = 3,92(\text{кВт})$$

Кількість обертів другого валу (шнеку) буде такою самою, як і на першому валу, а потужність визначаємо за формулою:

$$N_{II} = N_I \times \eta_{МУФТИ} \quad (2.8)$$

де  $\eta_{МУФТИ}$  - коефіцієнт корисної дії муфти,  $\eta_{МУФТИ} = 0,995$ .

$$N_{II} = 3,92 \times 0,995 = 3,9(\text{кВт})$$

Визначаємо потужність на третьому валу (вхідний вал епіциклоїдного редуктора):

$$N_{III} = N_I \times \eta_{ЛАНЦ.ПЕРЕД.} \quad (2.9)$$



де  $\eta_{\text{ЛАНЦ.ПЕРЕД.}}$  - коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі,  $\eta_{\text{ЛАНЦ.ПЕРЕД.}} = 0,97$ ;

$$N_{III} = 3,92 \times 0,97 = 3,8 (\text{кВт})$$

Так як на шостому валу нам необхідно отримати 17 (об/хв.), а муфти, які з'єднують ДГ з епіциклічним редуктором не змінюють кількості обертів, то на ВВ епіциклічного редуктора необхідно отримати 17 (об/хв.), щоб кількість обертів ДГ відповідала встановленій продуктивності тістоділильника, а так як цей редуктор має зрізане ведуче колесо і його передаточне число дорівнює  $U_2 = 2$ , то на його вхідному валу повинно бути 34 (об/хв.), що дає нам змогу знайти передаточне відношення ланцюгової передачі з загального відношення епіциклічного редуктора і ланцюгової передачі:

$$U_{3AG} = U_1 \times U_2 \quad (2.10)$$

де  $U_{3AG}$  - загальне передаточне число ланцюгової передачі і епіциклічного редуктора;  $U_1$  - передаточне число ланцюгової передачі;  $U_2$  - передаточне число епіциклічного редуктора,  $U_2 = 2$

$$U_{3AG} = \frac{n_I}{n_{VI}} \quad (2.11)$$

де  $n_I$  – кількість обертів першого (вхідного) валу;  $n_I = 120$  (об/хв.);  $n_{VI}$  - кількість обертів шостого валу (ДГ).

$$U_{3AG} = \frac{120}{17} = 7,06,$$

звідки

$$U_1 = \frac{U_{3AG}}{U_2} = \frac{7,06}{2} = 3,53$$

Визначаємо кількість обертів третього валу (вхідного валу епіциклічного редуктора):

$$n_{III} = \frac{n_I}{U_1} = \frac{120}{3,53} = 34 \text{ (об/хв.)},$$

що і було потрібно нам.

Визначаємо потужність на четвертому валу (ВВ епіциклічного редуктора):

$$N_{IV} = N_{III} \times \eta_{\text{ЕПЦИК.РЕД.}} \quad (2.12)$$

де  $\eta_{\text{ЕПЦИК.РЕД.}}$  - коефіцієнт корисної дії епіциклічного редуктора,  $\eta_{\text{ЕПЦИК.РЕД.}} = 0,98$ .

$$N_{IV} = 3,8 \times 0,98 = 3,724 \text{ (кВт)}$$

Визначаємо кількість обертів четвертого валу (ВВ епіциклічного редуктора):

$$n_{IV} = \frac{n_{III}}{U_2} = \frac{34}{2} = 17 \text{ (об/хв.)}$$

Так як муфти і підшипники не змінюють кількості обертів на наступних валах ( $n_V = n_{VI} = 17$  (об/хв)), але змінять потужність і КМ, то оберти розраховувати не будемо, а момент і потужність визначимо за наступними формулами:

$$N_V = N_{VI} \times \eta_{\text{МУФТИ}} \times \eta_{\text{ПІДШИП}} \quad (2.13)$$

де  $\eta_{\text{ПІДШИП}}$  - коефіцієнт корисної дії однієї пари підшипників,  $\eta_{\text{ПІДШИП}} = 0,995$

$$N_V = 3,724 \times 0,995 \times 0,995 = 3,69(\text{кВт})$$

$$N_{VI} = N_V \times \eta_{MVФТИ} \times \eta_{ПДШПП} \quad (2.14)$$

$$N_{VI} = 3,69 \times 0,995 \times 0,995 = 3,65(\text{кВт})$$

Визначаємо крутні моменти на відповідних валах за формулою:

$$T = 9550 \frac{N}{n} \quad (2.15)$$

$$T_{II} = 9550 \frac{3,9}{120} = 310,375(\text{Н} \times \text{м})$$

$$T_{III} = 9550 \frac{3,8}{40} = 907(\text{Н} \times \text{м})$$

$$T_{IV} = 907 \times 1,5 = 1360,5(\text{Н} \times \text{м})$$

$$T_V = T_{IV} \times \eta_{MVФТИ} = 1360,5 \times 0,995 = 1354(\text{Н} \times \text{м})$$

$$T_{VI} = T_V \times \eta_{MVФТИ} = 1354 \times 0,995 = 1347(\text{Н} \times \text{м})$$

№ валу	N, кВт	n, об/хв	T, Н×м
I	3,92	120	280
II	3,9	120	310,375
III	3,8	40	907
IV	3,724	17	1360,5
V	3,69	17	1354
VI	3,65	17	1347

Так, як епіциклічний редуктор знижує кількість обертів на своєму ВВ за рахунок того, що має зрізане на три чверті ведуче колесо, а не за рахунок

співвідношення зубців ведучого колеса і шестерні, то на його ВВ буде пусковий момент вхідного валу, який при невеликій кількості обертів становить 1,5 від моменту на вхідному валу.

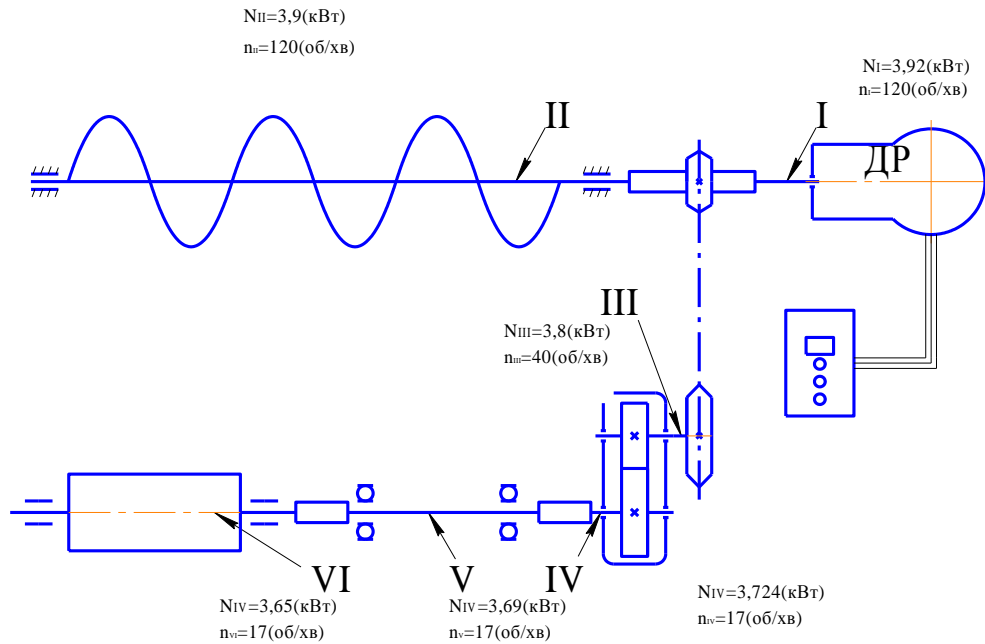


Рисунок 2.3. Кінематична схема приводу.

### 2.3.1.1 Розрахунок передавальних чисел.

Загальне передавальне число:

$$U_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\Gamma}} \quad (2.16)$$

$$U_{\text{заг}} = 1435/14 = 102,5$$

Приймаємо передавальне число редуктора  $U_P = 31,5$  та передавальне число зубчатої передачі  $U_{\text{зз}} = 3,2$ ;

$$\text{тоді } U_{\text{кп}} = 102,5 / 31,5 * 3,2 = 1$$

Розрахунок потужності на валах.

$$N_1 = N_{\text{дв}} = 2200 \cdot \text{Вт}$$

$$N_2 = N_1 * \eta_{\text{кп}} = 2200 * 0,95 = 2090 \cdot \text{Вт}$$

$$N_3 = N_2 * \eta_{\text{зн}} * \eta_{\text{нк}} * \eta_{\text{нк}} = 2090 * 0,97 * 0,995 * 0,995 = 2007 \cdot \text{Вт}$$

$$N_4 = N_3 * \eta_{\text{лц}} * \eta_{\text{зн}} - N_{\text{тр}} / \eta_{\text{нк}} = 2007 * 0,93 * 0,93 - 120 / 0,995 = 1615 \cdot \text{Вт}$$

$$N_5 = N_4 * \eta_{\text{зн}} - N_{\text{р}} / \eta_{\text{нк}} = 1615 * 0,93 - 764 / 0,995 = 734 \cdot \text{Вт}$$

де  $N_{\text{р}}$  - потужність, яка необхідна на обертання ротора:

$$N_{\text{р}} = A_{\text{мах}} / \tau_{\text{ц}}; \text{Вт}$$

$$N_{\text{р}} = 1635 / 2,14 = 764 \text{ Вт}$$

Розрахунок швидкості обертання валів

$$n_1 = n_{\text{дв}} = 1435 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_2 = n_{\text{дв}} / U_{\text{кп}} = 1435 / 1 = 1435 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_3 = n_2 / U_{\text{р}} = 1435 / 31,5 = 46 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_4 = n_3 / U_{\text{зн}} = 46 / 3,2 = 14 \text{ хв}^{-1}$$

Розрахунок кутової швидкості.

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = \pi n_{\text{дв}} / 30 = 3,14 * 1435 / 30 = 150 \text{ рад./с}$$

$$\omega_2 = \omega_1 / U_{\text{кп}} = 150 \text{ рад./с}$$

$$\omega_3 = \omega_2 / U_{\text{р}} = 150 / 31,5 = 4,8 \text{ рад./с}$$

$$\omega_4 = \omega_3 / U_{\text{зн}} = 4,8 / 3,2 = 1,5 \text{ рад./с}$$

$$\omega_5 = \omega_4 = 1,5 \text{ рад./с}$$

Розрахунок крутного моменту.

$$T = N / \omega; \text{Нм}$$

(2.17)

де  $N$  – потужність в Вт.

$$T_1 = T_{\text{дв}} = 2200/150 = 14,7 \text{ Нм}$$

$$T_2 = N_2/\omega_2 = 2090/150 = 13,9 \text{ Нм}$$

$$T_3 = N_3/\omega_3 = 2007/4,8 = 418,125 \text{ Нм}$$

$$T_4 = N_4/\omega_4 = 1615/1,5 = 1076,7 \text{ Нм}$$

$$T_5 = N_5/\omega_5 = 734/1,5 = 489,3 \text{ Нм}$$

### 2.3.1.2. Розрахунок клинопасової передачі

Діаметр ведучого шківa приймаємо згідно рекомендацій довідника і враховуючи підвищення довговічності паса (рис.2.4).

$$d_1 = 130 \text{ мм}$$

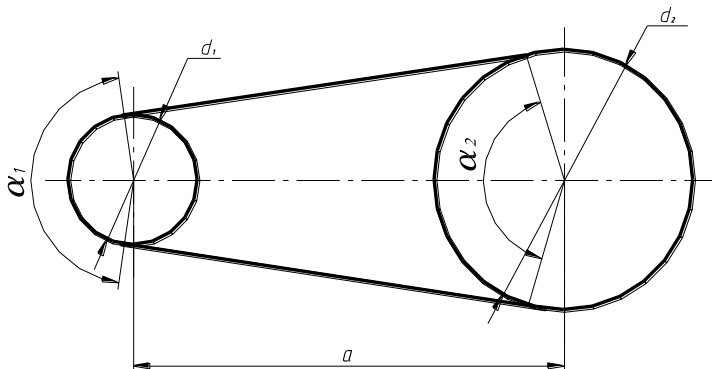


Рисунок 2.4. - Схема пасової передачі.

Діаметр більшого шківa:

$$d_2 = d_1 \cdot u(1 - f) \quad (2.18)$$

де,  $u$  – передавальне число передачі;  $f$  – коефіцієнт, що враховує навантаження на пас.

$$d_2 = 130 * 1(1 - 0,02) = 127,4 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр за ГОСТ 17383-73:

$$d_2 = 130 \text{ мм.}$$

Швидкість паса:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ [м/с]}, \quad (2.19)$$

де,  $n$  – частота обертання валу ведучого шківа,  $\text{хв}^{-1}$ .

$$v_3 = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 1435}{60 \cdot 1000} = 7,561 \text{ м/с.}$$

Міжосьова відстань:

$$a = 3 * 130 = 400 \text{ мм}$$

Початкова потужність на першому валу:

$$N = 2,2 \text{ кВт}$$

Початкова потужність при  $d = 130 \text{ мм}$ ;  $v = 7,561 \text{ м/с}$ :

$$N_0 = 2,2 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт куту обхвату:

$$C_\alpha = 0,84$$

Поправка до крутного моменту, що враховує передавальне число:

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot \Delta T_u \cdot n,$$

де,  $\Delta T_u$  – поправка до крутного моменту на швидкохідному валу;

$n$  – частота обертання швидкохідного валу,  $\text{хв}^{-1}$ .

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot 9 \cdot 1435 = 1,256 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт режиму роботи при вказаній потужності:

$$C_p = 0,5$$

Граничне навантаження на 1 пас:

$$[N] = (N_0 \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot \Delta N_u) C_p \quad (2.20)$$

$$[N] = (2,2 \cdot 0,84 \cdot 1,32 \cdot 1,256) \cdot 0,5 = 0,84 \text{ кВт.}$$

Розрахункове число пасів:

$$Z = 2,2 / 0,84 = 2,55$$

Коефіцієнт, що враховує нерівномірність навантаження:

$$C_z = 0,98$$

Дійсне число пасів в передачі:

$$Z' = Z / C_z = 2,55 / 0,98 = 2,66$$

Приймаємо:  $Z = 3$

Сила початкового натягу пасів в передачі:

$$S = \frac{750 \cdot N}{v \cdot c_\alpha \cdot c_p \cdot z} + qv^2 \cdot z, \quad (2.21)$$

де,  $q$  – маса одного погонного метра пасу, Н/м;

$$S = \frac{750 \cdot 2,2}{7,561 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 3} + 0,18 \cdot 7,561^2 \cdot 2 = 307,25 \text{ Н}$$

Зусилля, що діє на вал:

$$Q = 2 \cdot S \cdot z \cdot \frac{\sin \alpha_1}{2}, \quad (2.22)$$

де  $\alpha_1$  – кут обхвату на меншому шківу.



$$Q = 2 \cdot 307,25 \cdot 3 \cdot \frac{\sin \alpha 120}{2} = 3244,77 \text{ Н}$$

### 2.3.2. Розрахунок валу на міцність приводу тістоділильника марки Кузбас

- Розраховуємо проміжний вал приводу тістоділильної машини:

Матеріал валу: сталь 45;

Характер навантаження: поштовхи та змінне навантаження.

$$\sigma_B = 610 \text{ МПа}; [\sigma_0] = 95 \text{ МПа}; [\sigma_{-1}] = 50 \text{ МПа}.$$

Частота обертання вала:  $n = 45$  об/хв.

КМ на валу:  $T = 418$  Нм.

- Визначаємо сили від зубчастого зачеплення, що діють на вал:

Колові зусилля:

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{d_{з.к.}}, \quad (2.23)$$

де  $d_{з.к.}$  - ділильний діаметр зубчастого колеса, м

$$F_t = \frac{2 \cdot T}{d_{з.к.}} = \frac{2 \cdot 418}{0.125} = 395.876 \text{ Н}$$

Радіальні зусилля:

$$F_r = 1.15;$$

$$F_r = 1.15 \cdot 395.876 = 455.257 \text{ Н}$$

- Визначаємо реакції опор, що діють у горизонтальній площині:

Складаємо рівняння рівноваги відносно точки В:

$$R_B^r = -F_t \cdot (a+b) + R_A^r \cdot b + Q \cdot c = 0; \quad (2.24)$$

Звідки:

$$F_A^r = \frac{F_t \cdot (a+b) - Q \cdot c}{b} = \frac{395.876 \cdot (0.085 + 0.158) - 3244,77 \cdot 0.13}{0.158} = -2061 \text{ Н};$$

Знак «-» вказує на те, що попередній напрямок сил обраний невірний і його необхідно змінити на протилежний.

Складаємо рівняння рівноваги відносно точки А:

$$R_A^r = -F_t \cdot a - R_B^r \cdot b + Q \cdot (b+c) = 0; \quad (2.25)$$

Звідки:

$$F_B^r = \frac{Q \cdot (b+c) - F_t \cdot a}{b} = \frac{3244,77 \cdot (0.158 + 0.13) - 395.876 \cdot 0.085}{0.158} = 5702 \text{ Н}.$$

Перевіряємо правильність знаходження значень зусиль:

$$5702 - 395.876 - 3244 - 2061 = 0$$

Зусилля знайдені вірно.

- Визначаємо реакції опор, що діють у вертикальній площині:

Складаємо рівняння рівноваги відносно точки В:

$$R_B^B = F_r \cdot (a+b) - R_A^B \cdot b = 0; \quad (2.26)$$

Звідки:

$$F_A^B = \frac{F_r \cdot (a+b)}{b} = \frac{455.257 \cdot (0.085 + 0.158)}{0.158} = 700.174 \text{ Н};$$

Складаємо рівняння рівноваги відносно точки А:

$$R_A^B = F_r \cdot a + R_B^B \cdot b = 0 \quad (2.27)$$

Звідки:

$$F_A^B = \frac{-F_r \cdot a}{b} = \frac{-455.257 \cdot 0.085}{0.158} = -244.917 \text{ Н};$$

Перевіряємо правильність знаходження значень зусиль:

$$455.257 - 700.174 + 244.917 = 0$$

Зусилля знайдені вірно.

- Визначаємо згинальні моменти:

$$M_A^\Gamma = -F_t \cdot a = -395.876 \cdot 0.085 = -33.649 \text{ Н/м};$$

$$M_B^\Gamma = Q \cdot c = 3244.77 \cdot 0.13 = 421.82 \text{ Н/м}.$$

$$M_A^B = F_r \cdot a = 455.257 \cdot 0.085 = 38.697 \text{ Н/м}.$$

- Визначаємо сумарні згинаючі моменти:

$$M_A^{\text{сум}} = \sqrt{(M_A^\Gamma)^2 + (M_A^B)^2} = 51.281 \text{ Н/м};$$

$$M_B^{\text{сум}} = \sqrt{(M_B^\Gamma)^2} = 421.82 \text{ Н/м}$$

- Визначаємо зведені моменти:

$$M_1^{\text{пр}} = \sqrt{(M_1^{\text{сум}})^2 + (\alpha \cdot T)^2}, \quad (2.28)$$

де,  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує різноманітність в характеристиках циклів напружень згину та кручення.

Для сталі 45:

$$\alpha = 0.6$$

$$M_1^{np} = \sqrt{0^2 + (0.6 \cdot 418)^2} = 11.116 \text{ Н/м};$$

$$M_A^{np} = \sqrt{51.281^2 + (0.6 \cdot 418)^2} = 52.472 \text{ Н/м};$$

$$M_B^{np} = \sqrt{421.82^2 + (0.6 \cdot 418)^2} = 421.966 \text{ Н/м};$$

$$M_2^{np} = \sqrt{0^2 + (0.6 \cdot 418)^2} = 11.116 \text{ Н/м}.$$

- Проводимо розрахунок діаметру валу в найбільш навантаженому перерізі:

$$d_{валу} \geq \sqrt[3]{\frac{M_B^{np} \cdot 10^3}{0.1 \cdot [\sigma_{-1}]}} \quad (2.28)$$

де,  $[\sigma_{-1}]$  - допустиме знакозмінне напруження для валу

Для сталі 45:  $[\sigma_{-1}] = 55$

$$d_{валу} = \sqrt[3]{\frac{421 \cdot 10^3}{0.1 \cdot 55}} = 58.492 \text{ мм}.$$

Приймаємо:  $d_{валу} = 60 \text{ мм}.$

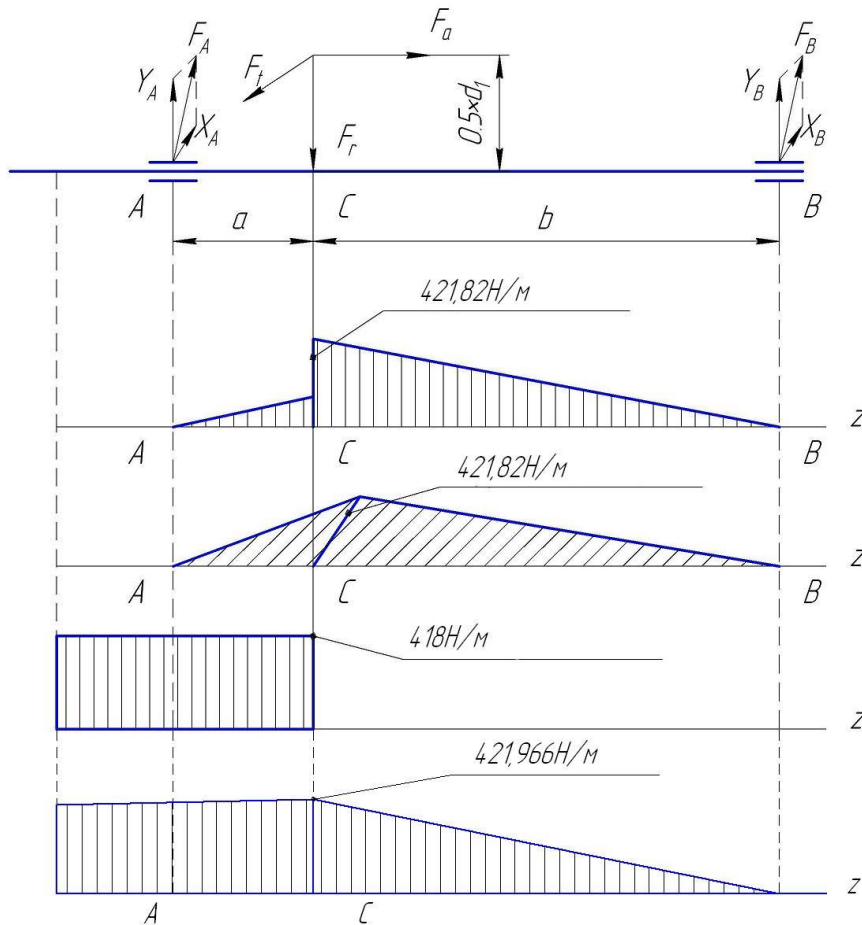


Рисунок 2.5. Епюри навантажень валу

### 2.3.3. Розрахунок ланцюгової передачі приводу механізмів машини

Враховуючи складну кінематичну будову приводу всіх вузлів машини, проведемо розрахунок ланцюгової передачі, яка практично зв'язує і приводить в дію три вали. Отже потужність на ВВ  $N_2 = 0,36 \text{ кВт}$ , частота обертання  $n_2 = 68,5 \text{ об/хв}$ , передаточне число  $U_{23} = 6$ .

Коефіцієнт експлуатації передачі:

$$K_e = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (2.29)$$

де  $K_1 = 1,3$  - навантаження з незначним поштовхом, так як працює циклічно;

$K_2 = 1,1$  - регулювання натягу ланцюга за допомогою нажимного ролика;

$K_3 = 0,9$  - міжосьова відстань знаходиться в проміжку (60...80)t;

$K_4 = 1$  - нахил лінії центрів зірочок  $0^0$ ;

$K_5 = 0,8$  - змащення у ванні;

$K_6 = 1,5$  - робота у дві зміни.

$$K_e = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 1,54$$

Число зубів ведучої зірочки приймаємо  $z_2 = 20$ .

Допустимий питомий тиск в шарнірах приймаємо  $[p]=35$  МПа.

Розрахунковий крок ланцюга

$$t = 1833 \sqrt{\frac{N_2 \cdot K_e \cdot 10}{S_t \cdot [p] \cdot z_2 \cdot n_2 \cdot K_m}} \quad (2.30)$$

де  $N_2$  - потужність на ВВ редуктора, кВт;

$K_e$  - коефіцієнт експлуатації передачі;

$[p]$  - допустимий питомий тиск в шарнірах, МПа;

$z_2$  - число зубів ведучої зірочки;

$n_2$  - частота обертання, об/хв.

$$t = 1833 \sqrt{\frac{0,36 \cdot 1,54 \cdot 10}{0,28 \cdot 35 \cdot 20 \cdot 68,5 \cdot 1}} = 13,6$$

Приймаємо ланцюг ПР-12,7-1820-1 ГОСТ 13568-75 [6], у якого  $t = 13,6$  мм,  $Q_{розр} = 18200$  Н,  $S_{он} = 39,6$  мм<sup>2</sup>, маса 1 погонного метра ланцюга  $q = 0,65$  кг.

Колова швидкість ланцюга:

$$v = \frac{z_2 \cdot n_2 \cdot t}{60 \cdot 1000}, \quad (2.31)$$

де  $z_2$  - число зубів ведучої зірочки;

$n_2$  - частота обертання, об/хв.;

$t$  - розрахунковий крок ланцюга, мм

$$v = \frac{20 \cdot 68,5 \cdot 12,7}{60 \cdot 1000} = 0,29 \text{ м/с}$$

Колове зусилля:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_2}{v}, \quad (2.32)$$

де  $N_2$  - потужність на ВВ редуктора, кВт;

$v$  - колова швидкість ланцюга, м/с;

$$F_t = \frac{1000 \cdot 0,36}{0,29} = 1240 \text{ Н}$$

Середній питомий тиск в шарнірах ланцюга:

$$p = \frac{F_t}{S_{on}}, \quad (2.34)$$

де  $F_t$  - колове зусилля, Н

$$p = \frac{1240F_t}{39,6} = 31,3 \text{ МПа,}$$

що менше допустимого питомого тиску  $[p]=35 \text{ МПа}$ .

Термін служби ланцюга:

$$T = 5200 \frac{\Delta t \cdot K_c \cdot \sqrt{z_2} \sqrt[3]{a_t \cdot u}}{p^3 \sqrt{\nu} K_e}, \quad (2.35)$$

де  $\Delta t \leq 3\%$  - допустиме збільшення кроку ланцюга;

$K_c$  - коефіцієнт змащення;

$z_2$  - число зубів ведучої зірочки;

$a_t$  - міжосьова відстань;

$U$  - передаточне число;

$p$  - середній питомий тиск у шарнірах ланцюга;

$$a_t = \frac{a}{t}; \quad a_t = \frac{995}{12,7} = 778$$

Коефіцієнт змащення:

$$K_c = \frac{K_{cn}}{\sqrt{\nu}}, \quad (2.36)$$

де  $K_{cn}$  - коефіцієнт, що враховує спосіб змащення

$$K_c = \frac{2,5}{\sqrt{0,29}} = 4,64$$



$$T = 5200 \frac{3 \cdot 4,64 \cdot \sqrt{20} \cdot \sqrt[3]{78 \cdot 6}}{31,3 \sqrt[3]{0,29} \cdot 1,54} = 78772 \text{ год},$$

що більше очікуваного строку служби .

$$T_{оч} = 4000 \cdot K_{сн} ,$$

де  $K_{сн}$  - коефіцієнт, що враховує спосіб змащення.

$$T_{оч} = 4000 \cdot 2,5 = 10000 \text{ год}$$

### 2.3.3.1. Розрахунок навантажень ланцюгової передачі.

Натяг від провисання веденої вітки від власної ваги:

$$F_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot a , \quad (2.37)$$

де  $K_f$  - коефіцієнт провисання,;

$g$  - маса 1 погонного метра ланцюга, кг;

$a$  - величина міжосьової відстані, м

$$a = (60 \dots 80)t = (60 \dots 80)12,7 = 995 \text{ мм}$$

$$F_f = 6 \cdot 0,65 \cdot 9,81 \cdot 0,995 = 38 \text{ Н}$$

Сумарний натяг ведучої та веденої віток будеб

$$F_{\Sigma b} = F_f + F_t K_1, \quad (2.38)$$

де  $F_f$  - коефіцієнт провисання;

$F_t$  - колове зусилля, Н;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує характер, навантаження, що передається;

$$F_{\Sigma b} = 38 + 1240 \cdot 1,3 = 1650 \text{ Н}$$

Навантаження, що дії на вали:

$$R = (1,15 \dots 1,2) F_t,$$

де  $F_t$  - колове зусилля, Н;

$$R = 1,2 \cdot 1650 = 1980 \text{ Н}$$

Перевірка ланцюга по запасу міцності

$$n = \frac{Q_{розр}}{F_{\Sigma b}}, \quad (2.39)$$

де  $F_{\Sigma b}$  - сумарний натяг;

$$n = \frac{18200}{1650} = 11,03$$

що більше допустимого  $[n]=10,2$

Геометричний розрахунок передачі.

Міжосьова відстань  $a=995$ .

Число зубців веденої зірочки:

$$z_3 = z_2 \cdot U_{23}, \quad (2.40)$$

де  $z_2$  - число зубів ведучої зірочки;

$U_{23}$  - передаточне число

$$z_3 = 20 \cdot 6 = 120$$

Довжина ланцюга в кроках:

$$L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_2 + z_3}{2} + \left( \frac{z_3 - z_2}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{a} \quad (2.41)$$

$$L_t = \frac{2 \cdot 995}{12,7} + \frac{20 + 120}{2} + \left( \frac{120 - 20}{2\pi} \right)^2 \cdot \frac{12,7}{995} = 230$$

Дійсна міжосьова відстань становить  $a=995$  мм, так як значення  $L_t$  виявилось цілим і парним числом в результаті прямого розрахунку.

Діаметри ділільних кіл зірочок:

$$d_{d2} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_2}}; \quad (2.42)$$

$$d_{d3} = \frac{t}{\sin \frac{180}{z_3}}, \quad (2.43)$$

де  $t$  - крок ланцюга;

$z_2$  - число зубів ведучої зірочки;

$z_3$  - число зубів веденої зірочки

$$d_{o2} = \frac{12,7}{\sin \frac{180}{20}} = 81,18 \text{ мм};$$

$$d_{o3} = \frac{12,7t}{\sin \frac{180}{120}} = 485,16 \text{ мм}$$

Монтажна міжосьова відстань:

$$a_m = 0,996 \cdot a$$

$$a_m = 0,996 \cdot 995 = 991 \text{ мм}$$

#### 2.4. Розрахунок тихохідного валу

З попередніх розрахунків маємо:

$$F_{a2} = 1855,09H; \quad F_{r2} = 3376,27H; F_{t2} = 9275,48 H;$$

$$T_2 = 1205,81 H \cdot m = 1205,81 \text{ кН} \cdot \text{мм}; \quad R_3 = 13933 H.$$

Знаходимо реакції в опорах площини xz:

$$\sum R_{x2} = \frac{R_3 \cdot 120 + F_{t2} \cdot 65}{130} = \frac{13933 \cdot 120 + 9275,48 \cdot 65}{130} = 17648,9 H;$$

$$\sum M_A = R_3 \cdot 120 - R_{x2} \cdot 130 + F_{t2} \cdot 65 = 0;$$

$$\sum M_C = R_3 \cdot 250 - R_{x1} \cdot 130 - F_{t2} \cdot 65 = 0;$$

$$R_{x1} = \frac{R_3 \cdot 250 - F_{t2} \cdot 65}{130} = \frac{13933 \cdot 250 - 9275,48 \cdot 65}{130} = 22156,5H;$$

Перевірка:

$$\sum x = R_3 - R_{x1} - F_{t2} + R_{x2} = 13933 - 22156,5 - 9275,48 + 17648,9 = 0;$$

Знаходимо реакції в опорах площини yz:

$$\sum M_A = F_{r2} \cdot 65 - F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2} - R_{y2} \cdot 130 = 0;$$

$$R_{y2} = \frac{F_{r2} \cdot 65 - F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2}}{130} = \frac{3376,27 \cdot 65 - 1855,09 \cdot 130}{130} = 1117,34;$$

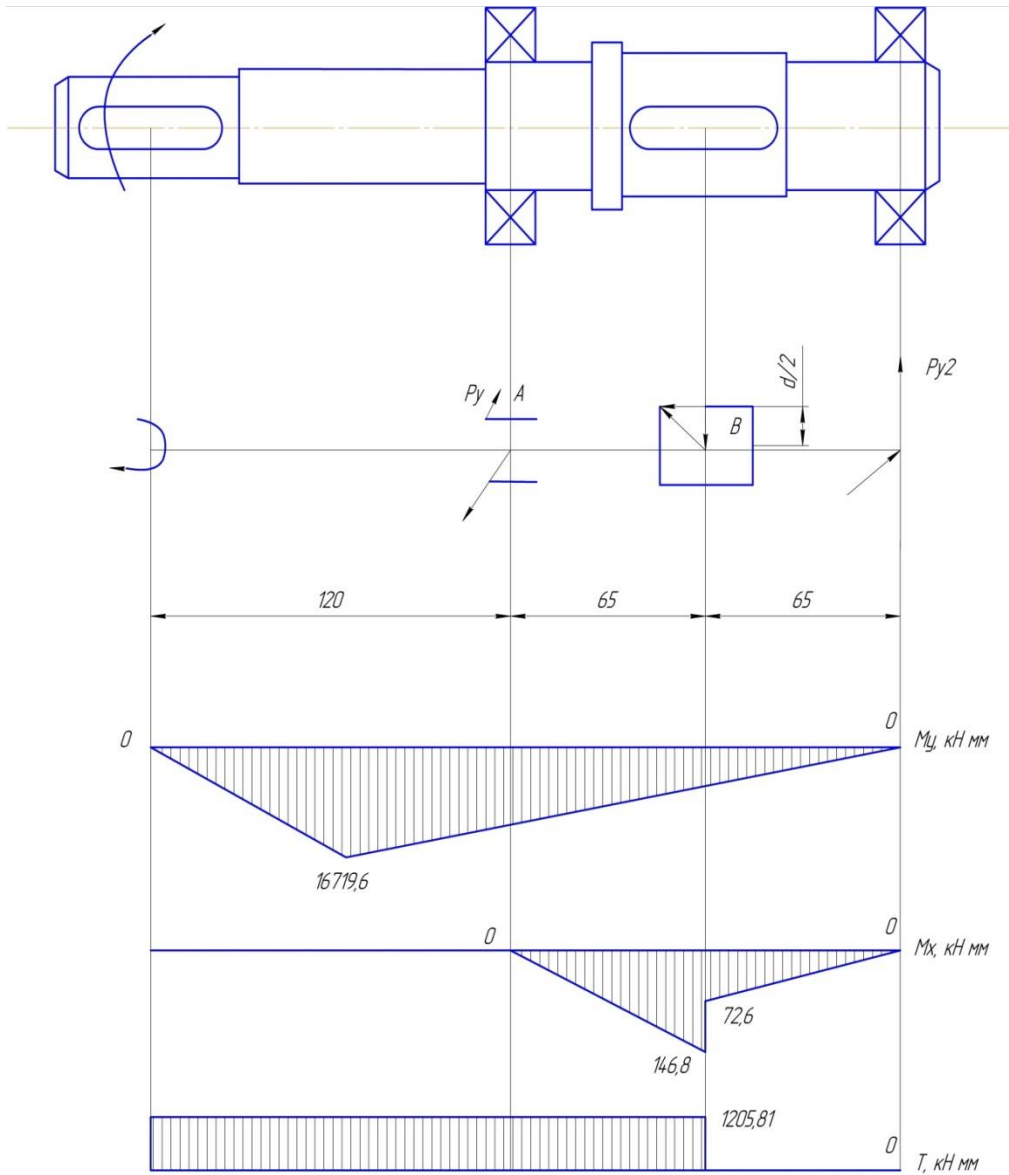


Рисунок 2.6. Епюра моментів тихохідного вала.

$$\sum M_c = R_{y1} \cdot 130 - F_{a2} \cdot 65 - F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2} = 0;$$

$$R_{y1} = \frac{F_{r2} \cdot 65 + F_{a2} \cdot \frac{d_2}{2}}{130} = \frac{3376,27 \cdot 65 + 1855,09 \cdot 130}{130} = 2258,9H;$$

Зазначені моменти в площині xz:

$$M_A R_3 \cdot 120 = 13933 \cdot 120 = 1671,96 \text{кН} \cdot \text{мм};$$

$$\begin{aligned} M_A &= R_3 \cdot 185 - R_1 \cdot 65 = 1393,3 \cdot 185 - 22156,5 \cdot 65 = \\ &= 1137,4 \cdot 10^3 \text{кН} \cdot \text{мм} \end{aligned}$$

Згинальні моменти в площині  $yz$ :

$$M'_B = R_{y1} \cdot 65 = 2258,965 \cdot 65 = 146,8 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

$$M''_B = R_{y2} \cdot 65 = 1117,3 \cdot 65 = 72,6 \text{ кН} \cdot \text{мм};$$

Сумарні реакції:

$$R_1 = \sqrt{R_{x1}^2 + R_{y1}^2} = \sqrt{22156,5^2 + 2258,9^2} = 22270 \text{ Н} = F'_{r4};$$

$$R_2 = \sqrt{R_{x2}^2 + R_{y2}^2} = \sqrt{17648,9^2 + 1117,3^2} = 17684 \text{ Н} = F'_{r3};$$

#### 2.4.1. Вибір матеріалу валу та допустимих напружень

Для виготовлення валу використовуємо нормалізовану сталь 45,  
 $\sigma_T = 363 \text{ МПа}$ ,  $\sigma_B = 598 \text{ МПа}$ .

Границі втоми матеріалу валу:

$$\sigma_{-1} = 0,45 \cdot \sigma_B = 598 \cdot 0,45 = 269 \text{ МПа};$$

$$\tau_{-1} = 0,25 \cdot \sigma_B = 598 \cdot 0,25 = 150 \text{ МПа};$$

#### 2.4.2. Попередній розрахунок валів

а) швидкохідного валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 T_1}{\pi [\tau] K_1}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 59,46 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 25}} = 22,8 \text{ мм};$$

де  $[\tau]K$  – допустиме напруження з врахуванням сили натягу [4. С.189],  
 $[\tau]_c = 25 \text{ МПа}$ .

Округлість [1,с.372 табл.24.1]  $d = 24$  мм;

$$l_1 = 1,2d = 1,2 \cdot 24 = 28,8 \text{ мм};$$

$$l = 208 \text{ мм}; b_1 = 71 \text{ мм (обчислено вище).}$$

Значення діаметрів  $d_n = d + 2t$ ;  $d_{\text{БП}} = d_n + 3r$ ;

де  $t$  – визначаємо по таблиці [1,с.25] для ( $d=1724$ )  $t = 2,0$  мм.

Отже,  $d_n = 24 + 2 \cdot 2,0 = 28$  мм, приймаємо  $d_n = 30$  мм.

$$l_2 \geq 1,5 \cdot d_n \geq 1,5 \cdot 30 \geq 45 \text{ мм}, l_2 = 63 \text{ мм.}$$

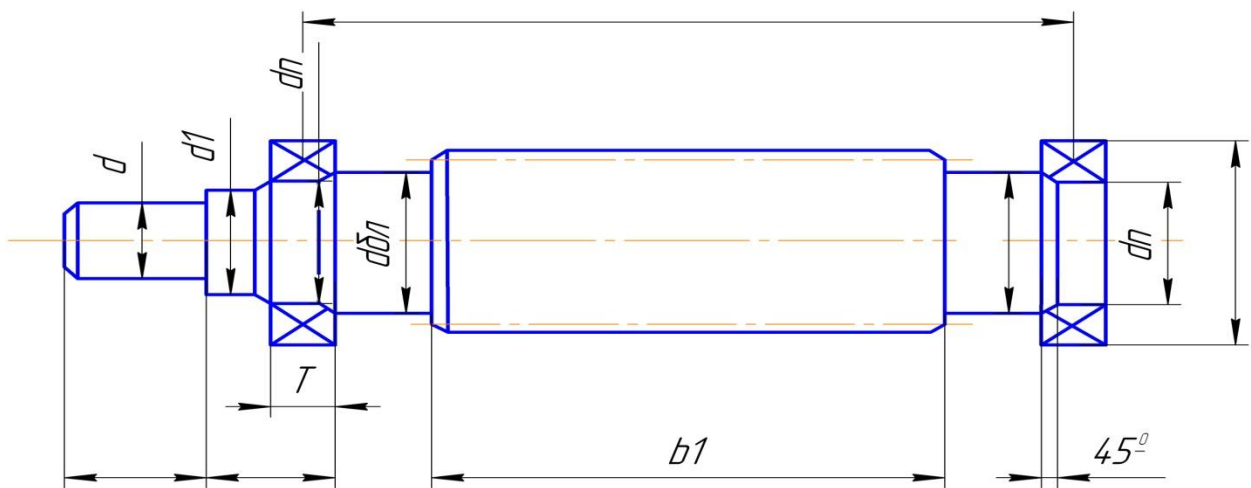


Рисунок 2.7. Ескіз швидкохідного валу.

б) тихохідний вал:

Розрахунки розмірів тихохідного валу робимо аналогічно швидкохідному валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T_2}{\pi [\tau] \kappa_2}} = 63,9 \text{ мм};$$

Заокруглимо  $d = 67$  мм по [1,с.372, табл. 24].

$$l_1 = 1,2d = 1,2 \cdot 67 = 80,4 \text{ мм};$$

$$d_n = d + 2t; d_{\text{БП}} = d_n + 3r;$$

де  $t$  – визначаємо по таблиці [1,с.25] для  $d$  (62...70)  $t = 3,3$  мм.

Отже, значення фаски  $r = 2,5$  мм, тому

$$d_{\text{БП}} = 75 + 3 \cdot 2,5 = 82,5 \text{ мм, заокруглимо } d_{\text{БП}} = 80 \text{ мм;}$$

$$d_1 = 70 \text{ мм.}$$

#### 4.2 Аналіз робочого процесу тістоділильної машини “КУЗБАС”.

Аналіз процесу дозволяє оцінити вплив параметрів нагнітача та її конструктивних елементів на якість роботи: точність відмірювання тістових заготовок, властивості тіста після оброблення в подільнику, питоме споживання енергії, надійність і довговічність роботи машин.

Для характеристики робочого процесу тістоділильної машини введемо такі позначення:  $P_0, P_1, P_4$ .

Проведемо розрахунок робочого процесу тістоділильної машини „Кузбас”. В рецептуру хліба “Український новий” входить суміш борошна житнього обдирного та пшеничного 2-го сорту. Провівши теоретичний аналіз процесу та застосувавши відомі експериментальні дані для забезпечення раціонального режиму роботи нагнітача подільника приймаємо такі вихідні дані:  $P_1 = 2 \times 10^5$  (Па);  $P_0 = 0,05 \times 10^5$  (Па);

$$\text{Розмір робочої нагнітача: } R = 0,125 \text{ (м);}$$

$$r = 0,0625 \text{ (м);}$$

$$L = 0,970 \text{ (м);}$$

$$l = 0,065 \text{ (м).}$$

$$\text{Об'єм нагнітача: } V_0 = 46,83 \times 10^{-3} \text{ (м);}$$

$$\text{Напруга зсуву тіста: } \sigma = 3000 \text{ (Па).}$$

Визначаємо роботу, що витрачається на стиснення тіста в нагнітачі, за формулою:

$$A_1 = \frac{P_0 + P_1}{2} \times V_0 (1 - K_1) \quad (2.44)$$



Для визначення коефіцієнта стиснення  $K = \frac{v_0}{v_1}$  за кривою на діаграмі, яка визначає коефіцієнт стиснення тіста по величині робочого тиску, знайдемо питомі об'єми  $v_0$  і  $v_1$ :

$$K = \frac{0,865}{0,922} \approx 0,94$$

$P_0$  можна не враховувати через його мале значення:

$$A_1 = \frac{2 \times 10^5}{2} \times 46,83 \times (1 - 0,94) = 280,98 (\text{Дж})$$

Об'єм камери стискування:

$$V_1 = K_1 \times V_0; \quad (2.45)$$

$$V_1 = 46,83 \times 10^{-3} \times 0,94 = 44 \times 10^{-3} (\text{м.})$$

Об'єм мірних камер при  $g_0 = 1,140 (\text{кг.})$  становить:

$$V_4 = 2 \times v_1 \times g_0 = 2 \times 0,865 \times 10^{-3} \times 1,140 = 1,972 \times 10^{-3} (\text{м.})$$

Коефіцієнт стиснення тіста:

$$K_4 = \frac{V_4}{V_0} = \frac{1,972 \times 10^{-3}}{46,83 \times 10^{-3}} = 0,042$$

Об'єм стабілізації приймаємо рівним  $V_5 = 0$ , тоді одержимо:

$$V_2 + V_3 = V_1 - V_4$$

$$V_2 + V_3 = 44 \times 10^{-3} - 1,972 \times 10^{-3} = 42,028 \times 10^{-3} (\text{м}^3.)$$

Мінімальній стабілізації тиску відповідає  $K_2 = 0,035$ , тоді при номінальному об'ємі заготовок:

$$V_2 = K_2 \times V_0 = 0,035 \times 46,83 \times 10^{-3} = 1,639 \times 10^{-3} (\text{м}^3.)$$

Величину буферного об'єму визначимо з різниці:

$$V_3 = V_1 - V_2 - V_4 = 42,028 \times 10^{-3} - 1,639 \times 10^{-3} = 40,4 \times 10^{-3} (\text{м}^3.)$$

Коефіцієнт буферного об'єму:

$$K_3 = \frac{V_3}{V_0} = \frac{40,4 \times 10^{-3}}{46,83 \times 10^{-3}} = 0,863$$

Справедливість розрахунків перевіряємо за рівнянням:

$$K_1 = K_2 + K_3 + K_4 + K_5 = 0,035 + 0,863 + 0,042 = 0,94$$

де  $K_5 = 0$ .

Збіжність розрахунку є достатньою із значенням, знайденим раніше.

Робота на подолання сил опору при переміщенні тіста в нагнітачі:

$$A_2 = F_2 \times \sigma \times l \quad (2.46)$$

де  $F_2$  - поверхня по якій переміщується тісто в нагнітачі,  $\text{м}^2$ ;  $l$  - довжина переміщення тіста за один цикл, м,  $l = 0,190(\text{м})$

$$F_2 = \pi \times (R^2 - r^2) = 3,14 \times (0,250^2 - 0,050^2) = 0,188(\text{м}^2.)$$

$$A_2 = 0,188 \times 3000 \times 0,190 = 107,16(\text{Джс.})$$

На стабілізацію тиску витрачається робота:

$$A_3 = P_1 \times b \times h \times l_3 \quad (2.47)$$

де  $l_3$  - шлях переміщення шнека. Приймаємо  $l_3 \approx 0,190(\text{м.})$ ;  $b \times h \approx F_2 = 0,188(\text{м}^2.)$

$$A_3 = 2 \times 10^5 \times 0,188 \times 0,190 = 7,144 \times 10^3(\text{Джс})$$

Робота, що витрачається на привід ДГ:

$$A_4 = (\omega^2 \times I_G + M_C) \times \varphi_4 \quad (2.48)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість обертання головки,  $\left(\frac{\text{рад}}{\text{с.}}\right)$ ;  $M_C$  - момент від зовнішніх навантажень, приведений до осі ДГ, тобто від зусилля, прикладеного до головки при повороті;  $I_G$  - момент інерції головки;  $\varphi_4$  - кут повороту ДГ.

$$\omega = \frac{\pi \times n}{30} = \frac{3,14 \times 34}{30} = 3,559 \left(\frac{\text{рад}}{\text{с.}}\right)$$

$$I_G = \frac{m_G \times r_2^2}{2} = \frac{30 \times 0,109^2}{2} = 0,18(\text{кг} \times \text{м}^2)$$

де  $m_{\Gamma}$  - маса головки,  $m_{\Gamma} = \frac{G_{\Gamma}}{g}$ ,  $m_{\Gamma} = 30(\text{кг.})$ ;  $r_2$  - радіус мірного циліндру,  $r_2 = 0,109$ .

$$M_C = b \times r^2 \times \varphi_4 \times \sigma \quad (2.49)$$

де  $b$  і  $r$  - ширина і радіус головки.

$$M_C = 0,22 \times 0,109^2 \times 1,22 \times 3000 = 9,567(\text{Н} \times \text{м})$$

$$A_4 = (3559^2 \times 0,18 + 9,567) \times 1,22 = 14,452(\text{Дж})$$

Робота, що витрачається на повернення тіста з нагнітача в приймальну воронку, дорівнює нулю, оскільки повернення тіста немає.

Робота, що витрачається на переміщення нагнітача:

$$A_6 = 4 \times \sigma \times (b + h) \times l_{\Pi} \times l_l \quad (2.50)$$

де  $l_{\Pi}$  і  $l_l$  - довжина і хід шнека. Приймаємо  $b + h = F_2 = 0,188(\text{м.})$ . Тоді

$$A_6 = 4 \times 3000 \times 0,188 \times 0,190 \times 0,750 = 321,48(\text{Дж})$$

Роботу  $A_7$ , що витрачається на привод транспортера для тістових заготовок і борошнопосипача, розрахувати досить складно, але в усіх тістоділильниках її значення майже однакове. Спрощено її можна визначити, виходячи з того, що потужність  $N_7$  необхідна для цього, становить 80–150 Вт.

Роботу, що витрачається на привід тістоділильника і привід транспортера, приймаємо рівною  $N_7 = 105(\text{Вт.})$ , тривалість циклу визначаємо за формулою:

$$\tau_c = \frac{60}{n} = \frac{60}{17} = 3,53(\text{с.})$$

де  $n$  - кількість обертів ДГ, об/с.

$$A_7 = 105 \times 3,53 = 370,65 (\text{Дж})$$

Сумарна циклова робота складе:

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_6 + A_7 = 280,98 + 107,16 + \\ + 7,144 \times 10^3 + 14,552 + 321,48 + 370,65 = 8,239 \times 10^3 (\text{Дж})$$

Для порівняння і аналізу витрат енергії тістоділильних машин різної конструкції і з різними об'ємами мірних камер введемо показник питомої роботи, котрий показує витрати енергії на поділ 1 кг тістових заготовок:

$$A_{\text{ц}} = \frac{A}{g_o} = \frac{8,239 \times 10^3}{1} = 8,239 \times 10^3 \left( \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} \right)$$

Для машин з короткочасним циклом 1 – 5 с можна приводну потужність визначити віднесенням значення роботи до часу її виконання у відповідності з циклограмою і, привівши отриманий вираз до валу двигуна-редуктора:

$$N = \frac{A}{\tau \times \eta} = \frac{8,239 \times 10^3}{3,53 \times 0,882} = 2646 \times 10^3 (\text{Вт}) = 2,646 (\text{кВт})$$

де  $\eta_1$  і  $\eta_2$  - відповідно ККД двигуна – редуктора і внутрішніх передач;

$$\eta = \eta_1 \times \eta_2 = 0,98 \times 0,9 = 0,882$$

Враховуючи специфіку роботи тістоділильної машини, необхідно прийняти півтора кратний запас потужності, щоб врахувати можливість зростання навантажень при попаданні тіста і засихання його між поверхнями деталей, що труться. Тому приймаємо:

$$N_{ДВ} = 1,5 \times N = 1,5 \times 2,646 = 3,969(\text{кВт})$$

## 2.6. Розрахунок шнеку.

Розраховуємо і конструюємо шнек, якщо відомий максимальний тиск в робочій камері  $P_{MAX} = 0,2$  (МПа), коефіцієнт внутрішнього тертя продукту  $f = 0,3$ , щільність продукту  $\rho = 1000(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3})$ .

Зовнішній діаметр шнеку  $D$  приймаємо рівним 235 мм, а крок шнеку визначаємо за наступною формулою:

$$H = 0,7 \times D = 0,7 \times 235 = 164,5(\text{мм.})$$

Приймаємо  $H = 165(\text{мм.})$

Граничний діаметр валу шнеку визначаємо з умови:

$$d_{\text{ГП}} = \left(\frac{H}{\pi}\right) \times f = \left(\frac{0,165}{3,14}\right) \times 0,3 = 0,01576(\text{м.}) = 15,8(\text{мм.})$$

Приймаємо діаметр вала шнека рівним 50 мм.

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

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

$$\alpha_D = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,165}{3,14 \times 0,235}\right) = \operatorname{arctg}0,224 = 12,6258^\circ = 13^\circ 03',$$

$$\alpha_d = \operatorname{arctg}\left(\frac{0,165}{3,14 \times 0,05}\right) = \operatorname{arctg}1,051 = 46,42^\circ = 46^\circ 24'$$

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

$$\alpha_{CP} = 0,5 \times (\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \times (13^\circ 03' + 46^\circ 24') = 29^\circ 435' \approx 30^\circ$$

Допоміжні величини становлять:

$$\cos^2 30^\circ = 0,8860^2 = 0,75, \quad \operatorname{tg} 30^\circ = 0,5773, \quad \sin 2 \times 30^\circ = 0,866$$

Коефіцієнт відставання часток матеріалу у осьовому напрямку:

$$K_o = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \times f \times \sin 2\alpha) = 1 - (0,75 - 0,5 \times 0,3 \times 0,886) = 0,38$$

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

$$M_3 = \frac{P_{MAX} \times D^2}{32} \times \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2 \ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}} \quad (2.51)$$

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

шнека і валу,  $a = \frac{235}{50} = 4,7$

$$M_3 = \frac{0,2 \times 10^6 \times 0,235^2}{32} \times \frac{1,9 - 0,7 \times 4,7^{-4} - 1,2 \times 4,7^{-2} - 5,2 \ln 4,7}{1,3 + 0,7 \times 4,7^{-2}} = -420 \left( \frac{H \times M}{M} \right)$$

Витки шнеку будуть виготовлені із Ст.3, для якої допустиме напруження при згині можемо прийняти рівним допустимому напруженню при розтягу, тобто  $125 \times 10^6$  (Па). Тоді товщину витка шнеку визначаємо за формулою:

$$[\sigma] = \pm \frac{6 \times M_3}{\delta^2} \quad (2.52)$$

звідки

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \times 420}{125 \times 10^6}} = 0,0045 = 4,5(\text{мм})$$

приймаємо  $\delta = 5(\text{мм})$

Площа внутрішньої циліндричної поверхні корпусу пристрою на довжині одного кроку визначаємо за формулою:

$$F_B = \pi \times D \times (H - \delta) = 3,14 \times 0,235 \times (0,165 - 0,005) = 0,118(\text{м}^2)$$

Довжину розверток гвинтових ліній визначаємо із наступних рівнянь:

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi \times d)^2} = \sqrt{0,165^2 + (3,14 \times 0,05)^2} = 0,187(\text{м})$$



$$L = \sqrt{H^2 + (\pi \times D)^2} = \sqrt{0,165^2 + (3,14 \times 0,235)^2} = 0,756(\text{м.})$$

Площу поверхні витка шнеку на довжині одного кроку визначаємо за формулою:

$$F_{ш} = \frac{1}{4\pi} \times \left( \pi \times D \times L - \pi \times d \times l + H^2 \ln \frac{D+2L}{d+2l} \right)$$

$$F_{ш} = \frac{1}{4 \times 3,14} \times \left( 3,14 \times 0,235 \times 0,756 - 3,14 \times 0,05 \times 0,187 + 0,165^2 \ln \frac{0,235 + 2 \times 0,756}{0,05 + 2 \times 0,187} \right) = 0,045$$

що задовольняє умову роботи, так як  $F_{ш} < F_B$ .

При розрахунку слід враховувати ряд особливостей шнекового нагнітача, який зазвичай працює безперервно, а відбір відміряних тістових мас здійснюється періодично. В цьому випадку в робочій і мірній камерах подільника тиск змінюється від максимуму в момент відсутності відбору до мінімуму в момент заповнення мірної камери. Тиск на витки шнека перед кожним витком  $P'$  менше, а за нею  $P''$  - більше середнього значення, яке в камері пресування змінюється за законом, близьким до лінійного (рис. 19).

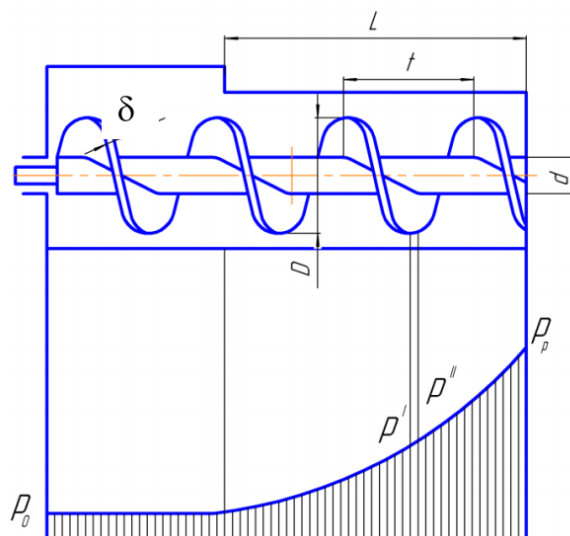


Рисунок 2.8. Схема шнекового нагнітача і епюра тисків:

$D, d$  - діаметри шнека і його вала;  $L$  - довжина робочої частини нагнітача;  
 $P_0$  і  $P_p$  - початковий і кінцевий тиск;  $t$  - крок шнека;  $\delta$  - товщина витка шнека

КМ при двох робочих витках шнеку визначаємо за наступною формулою:

$$M_{KP} = 0,131 \times m \times (1 - Ko) \times P_{MAX} \times (D^3 - d^3) \times \operatorname{tg} \alpha \quad (2.53)$$

де  $m$  - число максимально навантажених кроків шнека;  $Ko$  - коефіцієнт відставання;  $P_{MAX}$  - максимальний тиск, який розвиває шнек,  $\alpha$  - кут підйому гвинтової лінії витку шнеку,  $\alpha = 30^\circ$

$$Ko = 1 - (\cos^2 \alpha - 0,5 \times f \times \sin 2\alpha) \quad (2.54)$$

де  $f$  - коефіцієнт тертя продукту по шнеку.

$$Ko = 1 - (0,75 - 0,5 \times 0,3 \times 0,866) = 0,38$$

$$M_{KP} = 0,131 \times 2 \times (1 - 0,38) \times 0,15 \times 10^6 \times (0,235^3 - 0,05^3) \times 0,3639 = 241 (H \times m)$$

Вісьове зусилля визначаємо по формулі:

$$S = 0,392 \times m \times (D^2 - d^2) \times P_{MAX} = 0,392 \times 2 \times (0,235^2 - 0,05^2) \times 0,2 \times 10^6 = 8263 (H.)$$

Нормальні і дотичні напруження валу визначаємо по формулам:

$$\sigma_{CЖ} = \frac{S}{F} = \frac{8263}{0,785 \times 0,05^2} = 4,21 (МПа)$$

$$\tau = \frac{M_{KP}}{W_p} = \frac{241}{16 \times 3,14 \times 0,05^3} = 0,03838 (МПа)$$

Еквівалентне напруження визначаємо за формулою:

$$\sigma_{EKB} = \sqrt{\sigma_{CЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{4,21^2 + 4 \times 0,03838^2} = 4,21(\text{МПа})$$

і це напруження знаходиться в межах допустимої напруги для матеріалу валу шнека (сталь Ст3).

Приймаючи коефіцієнт заповнення рівним одиниці знаходимо кутову швидкість шнека за формулою:

$$П = 0,125 \times (D^2 - d^2) \times (H - \delta) \times (1 - K_o) \times \rho \times \psi \times \omega \quad (2.55)$$

де  $\delta$  - товщина витка шнеку в вісьовому напрямі по зовнішньому діаметру, м;

$\rho$  - щільність матеріалу,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;  $\psi$  - коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;  $\omega$  - кутова швидкість обертання шнека,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Продуктивність шнеку визначаємо за формулою:

$$П_{ш} = 0,786 \times z \times (D^2 - d^2) \times H \times \rho \times n \times k \quad (2.56)$$

де  $z$  - кількість нагнітальних шнеків,  $z = 1$ ;  $D$  - зовнішній діаметр шнека,  $D = 0,235$  м;  $d$  - діаметр вала шнека,  $d = 0,05$  м;  $H$  - крок шнека,  $H = 0,165$  м;  $n$  - частота обертів шнека,  $n = 120$  об/хв. =  $2 \text{ с}^{-1}$ ;  $\rho$  - об'ємна щільність житнього тіста,  $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ ;  $k$  - об'ємний коефіцієнт подачі тіста для (одношнекових машин  $k = 0,25 \dots 0,3$ ),  $k = 0,25$ .

$$П_{ш} = 0,786 \times 1 \times (0,235^2 - 0,05^2) \times 0,165 \times 1000 \times 2 \times 0,25 = 3,4 \left( \frac{\text{кг}}{\text{с}} \right) = 204 \left( \frac{\text{кг}}{\text{хв.}} \right)$$

після чого визначаємо кутову швидкість:

$$\omega = \frac{3,4}{0,125 \times (0,235^2 - 0,05^2) \times (0,165 - 0,005) \times 0,62 \times 1000} = 5,2 \left( \frac{\text{рад}}{\text{с.}} \right)$$

Тепер визначимо розміри заготовок витків і їх кількість. Нехай довжина шнеку становить  $5 \times 165 = 825$  (мм.)

Ширину витків шнеку визначаємо за формулою:

$$b = 0,5 \times (D - d) = 0,5 \times (0,235 - 0,05) = 0,0925 \approx 93(\text{мм.})$$

Кут вирізу в кільці-заготовці знаходимо за формулою:

$$\alpha_0 = 2\pi - \frac{(L-l)}{b} = 2 \times 3,14 - \frac{0,756 - 0,187}{0,092} = 0,095(\text{рад.}) \approx 6^\circ$$

Діаметри кілець визначаємо за наступними формулами:

$$D_0 = \frac{2L}{2\pi - \alpha_0} \quad d_0 = \frac{2l}{2\pi - \alpha_0}$$

$$D_0 = \frac{2 \times 0,756}{2 \times 3,14 - 0,095} = 0,2445(\text{м.}) = 244,5(\text{мм.})$$

$$d_0 = \frac{2 \times 0,187}{2 \times 3,14 - 0,095} = 0,061(\text{м.}) = 61(\text{мм.})$$

При виготовленні кільця-заготовки без кутового вирізу, воно розташується на довжині шнека, яке визначимо за формулою:

$$H' = H \times \left( \frac{1 + \alpha_0}{2\pi - \alpha_0} \right) = 0,165 \times \left( \frac{1 + 0,095}{2 \times 3,14 - 0,095} \right) = 0,1717(\text{м.}) = 171,7(\text{мм.})$$

Кількість кілець-заготовок без кутового вирізу необхідно:

$$\frac{0,825}{0,1717} = 4,80(\text{шт.})$$

Практично необхідно зробити п'ять кілець-заготовок. Для полегшення випресовування тіста в ДГ на кінці шнеку встановлюємо лопатку.

Для полегшення конструкції шнеку замість суцільного валу можна взяти порожній вал. Наприклад, в даному випадку можемо використати трубу 50×5×800-20 (ГОСТ 8732-78). Її маса буде становити 4,4 кг. ( маса суцільного валу 12,3 кг.).

Нормальні і дотичні напруження порожнього валу визначаємо по формулам:

$$\sigma_{СЖ} = \frac{S}{F} = \frac{8263}{0,785 \times (0,05^2 - 0,04^2)} = 11,7(\text{МПа})$$

$$\tau = \frac{M_{КР}}{W_p} = \frac{241}{\frac{3,14 \times 0,05^3}{16 - \left( \frac{0,04^4}{0,05} \right)}} = 9,82(\text{МПа})$$

Еквівалентне напруження визначаємо за формулою:

$$\sigma_{ЕКВ} = \sqrt{\sigma_{СЖ}^2 + 4\tau^2} = \sqrt{11,7^2 + 4 \times 9,82^2} = 22,86(\text{МПа})$$

Отримане значення напруги більше раніше знайденого, але все-одно менше допустимого.

Якщо на трубі попередньо проточити гвинтову канавку глибиною 0,5 мм і завширшки 6 мм, то розміри кілець-заготовок будуть становити:

$$b = 50,5(\text{мм.}) ; \quad \alpha_0 = 0,095(\text{рад.}) ; \quad d_0 = 60,5(\text{мм.}) \quad D_0 = 244(\text{мм.})$$

## **2.7. Монтаж, експлуатація, технічне обслуговування та ремонт машини**

Для того, щоб дане технологічне обладнання запустити в процес виробництва, необхідно виконати його монтаж і наладку. Правильне виконання етапів по встановленню обладнання забезпечує нормальну роботу пристрою при виконанні функцій, що покладені на нього, тобто поділу тіста на шматки встановленої ваги з найменш можливою похибкою.

До експлуатації машини для поділу тістових заготовок допускаються особи, які пройшли інструктаж із техніки безпеки.

Пристрій працює в автоматичному режимі.

Пристрій встановлюється на чисту підлогу, на додаткових опорах – лапах, які не дають змоги зміщуватись робочому тістоподільнику.

Пристрій повинний обслуговувати персонал який отримав спеціальну підготовку по технічному використанню й експлуатації подібних машин.

Аварійні ситуації при роботі тістоділильника.

Таблиця Можливі варіанти неполадок:

№	Варіанти неполадок	Усунення неполадок
1	При вмиканні тумблера не виконується команда.	потрібно звернутися до спеціаліста - електрика, причиною може бути розрив в електричному ланцюзі
2	При роботі в автоматичному режимі на якомусь етапі пристрій самовільно зупиняється.	
3	При роботі рухомі частини вдаряються	усунути, щоб не було

	об нерухомі.	динамічних ударів, тому що це впливає на знос пристрою
4	При несинхронності роботи робочих частин тістоділильника	слід зупинити машину і на холостому ході домогтися синхронності їх роботи
5	При виникненні будь-якої іншої несправності, або аварійної ситуації	необхідно припинити експлуатацію обладнання і провести діагностику робочих частин і пристроїв, звернутися до фахівця по ремонту тістоподільників, або доповісти головному механіку, чи його заступнику

Після усунення всіх неполадок провести перевірку роботи тістоділильника на холостому ході і після цього можна запускати пристрій в експлуатацію.

Пристрій поставляється замовнику в ящиках. При розвантаженні і транспортуванні кантувати пристрій забороняється. Перед розпаковкою необхідно оглянути ззовні ящики і переконатися в їхній цілісності.

Якщо виявлене ушкодження тари - складається двохсторонній акт і направляється рекламація транспортній організації.

Розпаковку потрібно починати з верхньої частини ящика.

Після розкриття ящиків проводиться зовнішній огляд пристрою і звіряє зміст згідно відвантажувальної відомості.

Підготовка до монтажу.

1. Розміри площадки і висота повинні відповідати вимогам складального креслення.

2. Площадка під установку пристрою повинна мати:

- підвід від електромережі напругою 380 В;

- підвід від цехового контуру заземлення;

3. При знятті консервації місця які мають мастило, промиваються бензином або уайт - спиритом і насухо протираються.

Сліди корозії, що виникають у випадку несприятливих умов збереження, видаляються.

Монтаж. Порядок встановлення і підготовка до роботи.

1. Пристрій встановлюється безпосередньо під тістоспуском на заводі.  
2. Тістоподільник, проміжний транспортер, округлювач, тощо, прив'язуються друг до друга.

3. Рівень тістоділильника перевіряється і виставляється за допомогою регулювальних лап.

4. Здійснюється заземлення за допомогою болтового з'єднання на корпусі монтажного устаткування і підключення до мережі електроживлення відповідно електричної схеми.

5. Перевіряється правильність обертання шнека: за годинниковою стрілкою (з боку двигуна-редуктора).

6. Проводиться налагодження та попередній запуск пристрою на холостому ході; переконавшись в нормальній роботі, можна запускати в експлуатацію.

7. Маса шматка тіста необхідно регулювати кожного разу при переході з одного сорту тіста на інший.

Тістоподільник розміщують з врахуванням зручного та безпечного доступу при огляді та поточному ремонті. Огляд, змащування, регулювання і ремонт машини слід проводити лише при відключеній машині. Використовуючи напис "Не вмикати".

Обслуговування повинні проводити лише спеціалісти певної категорії.

ТО обладнання це комплекс операцій, які забезпечують роботоздатність, з найбільшою продуктивністю, якістю, та зменшенням простоїв при експлуатації, зберіганні та транспортуванні. ТО проводить



спеціаліст певного фаху на одному робочому місці за регламентованими даними конструкторської документації.

Лише раціональна організація ТО та ремонту, як система й сукупність взаємопов'язаних засобів, попереджувальних ОТЗ, щодо підтримання й відновлення якості обладнання, може забезпечити його належний технічний стан.

Система ППР включає ТО і всі види ремонту: поточний (Т1), середній (Т2) і капітальний (К), а також догляд, нагляд, огляд, які виконуються у певній послідовності за заздалегідь складеним планом (графіком).

Види ремонту відрізняються обсягом виконуваних робіт та міжремонтними строками. Основними видами ремонту є поточний та середній, своєчасне та високоякісне проведення яких забезпечує надійність та довговічність обладнання.

ТО включає такі роботи: обтирання, промивання, очищення і періодичне змащування обладнання; перевірку роботи та очищення мастильних пристроїв; нагляд за станом тертьових пар (підшипників, втулок тощо), роботою контрольно-вимірювальних приладів, всього обладнання, натягом та станом гнучких передач, болтових, шпонкових та інших з'єднань; усунення дрібних несправностей; заміну спрацьованих деталей; зачищення забоїн та задирів на тертьових деталях; підтягування кріпильних деталей; регулювання зазорів; налагодження запобіжних пристроїв тощо.

Середній ремонт передбачає часткове розбирання; заміну тих несправних вузлів та окремих деталей, які не можуть нормально допрацювати до чергового ремонту; перезаливання та шабрування підшипників; проточування шийок валів; заміну стрічок, ланцюгів, прокладок, кріпильних деталей, арматури трубопроводів, яка спрацювалася, і регулювання їх на відповідний тиск тощо.

Капітальний ремонт включає повне розбирання обладнання; очищення та миття деталей; заміну несправних деталей і відновлення конструктивних посадок та їх з'єднань; вивірення, центрування, балансування вузлів та деталей;

складання, налагодження всіх вузлів, механізмів та обладнання в цілому.

Роботи пов'язані з поточним ремонтом та міжремонтним обслуговуванням, виконує персонал цеху, керуючись правилами технічної експлуатації обладнання. Середній та капітальний ремонти виконує персонал відділу головного механіка, ремонтно-механічного цеху або комплексна бригада.

Періодичність ремонту (міжремонтний період, час між двома черговими ремонтами цього виду) повинна визначатися строками служби основних груп деталей (масових та базових) і їх з'єднань. Вона залежить від виду виробництва, типу обладнання й змінності його роботи.

Обсяг ремонтних робіт визначається кінематичною та конструктивною складністю; розмірами, експлуатаційною якістю, складністю розбирання і складання обладнання, якістю його виготовлення, експлуатації та ремонту, ступенем завантаженості, тривалістю роботи без ремонту. Обсяг визначають при складанні відомості з обліку дефектів обладнання і уточнюють у процесі його розбирання.

Організація ремонту обладнання значно залежить від його методів. Розрізняють кілька основних методів: індивідуальний, вузловий, бригадний, потоково-вузловий, бездефектний.

Індивідуальний метод застосовується в основному для ремонту різнотипного та громіздкого обладнання і в обмеженому обсязі, оскільки має істотні недоліки і при ньому обмежена можливість механізації ремонтних робіт, переважають при припрацюванні роботи, що викликає тривалі простої обладнання із зменшенням його фонду часу та виробничої потужності, високу собівартість, велику трудомісткість та недостатню якість ремонту. Цей метод ремонту вимагає використання праці робітників високої кваліфікації, затрудняє регулювання та налагодження обладнання, виключає взаємозамінність деталей, бо зняті при розбиранні деталі та вузли після налагодження знову встановлюють на те ж обладнання.

При вузловому методі замість знятих з обладнання основних вузлів та деталей встановлюють заздалегідь заготовлені, припрацьовані та випробувані нові або відремонтовані вузли знаходяться у спеціалізованих майстернях. Все це знижує трудомісткість і собівартість ремонту та підвищує його якість, дозволяє бригаді не простоювати через відсутність деталей, виходячи з принципу часткової взаємозамінності та застосування незначного припрацювання, а також механізувати ремонтні роботи, встановлювати типову найдоцільнішу організацію праці з рівномірним та максимальним завантаженням всіх членів бригади, використовувати передову техніку. Цей метод найбільш ефективний, якщо обладнання однотипне або якщо вузли уніфіковані.

При потоково-вузловому методі відновлення припрацювання окремих найбільш трудомістких вузлів виконують у майстернях, оснащених спеціальними верстатами, стендами і пристроями, що дозволяє використовувати принципи потокової організації та технології ремонту, де ремонтники лише розбирають і встановлюють вузли на обладнання, яке ремонтується, та налагоджують його.

Вузловий метод дозволяє використовувати різні організаційні форми ремонту. Його проведення може бути послідовним, паралельним, комбінованим, з різною загальною тривалістю, причому послідовне проведення робіт є типовим для індивідуального методу, а інші - для вузлового. Найбільш оптимальним вважається комбіноване проведення ремонтних робіт, яке поєднує переваги як паралельного (скорочення простою), так і послідовного (знижена питома витрата робочої сили) методів ремонту.

ТО тістоділильника „Кузбас”.

1. Один раз на тиждень необхідно робити огляд механічної і електричної частини тістоділильника.

2. Один раз у рік варто провести розбирання і ревізію підшипникових вузлів, передач і при необхідності замінити новими зношені деталі, а також

замінити змащення двигуна - редуктора, ділительного механізму і підшипникових вузлів.

3. При припиненні роботи на тістоподільнику або тривалих зупинках: відключити живлення електромережі, ретельно очистити тістоподільник від тіста, борошна і т.п. Перед початком роботи після тривалих зупинок тістоділильника необхідно перевірити санітарний стан і при необхідності почистити машину.

4. Один раз на добу при одно- або двозмінній роботі тістоділильника деталі, що контактують з тістом, очищати і змащувати рослинною олією.

5. При обслуговуванні тістоділильника необхідно уважно слідкувати за плавністю його з'єднань і відсутністю сторонніх шумів. Необхідно слідкувати за жорсткістю з'єднань регулюючих елементів і не допускати їх послаблення, так як це може призвести до роз регулювання тістоділильника.

Техніка безпеки.

1. Не допускати до роботи на тістоділильнику осіб, які не проінструктовані по техніці безпеки і не пройшли спеціальну підготовку по технічному використанню і обслуговуванню тістоділильника.

2. Тістоділильник повинен бути заземлений.

3. Робоче місце повинно бути освітлене відповідно до вимог правил безпеки і промисловій санітарії харчових виробництв.

4. Перед запуском тістоділильника робітник зобов'язаний:

- Переконатися у відсутності сторонніх людей біля машини;
- Перевірити наявність, справність і надійність кріплення огорожень;
- Забрати з тістоділильника сторонні предмети;
- Переконатися в справності тістоділильника шляхом короткочасних пусків на холостому ході.

5. Для запобігання аварій засоби для керування тістоділильником (пускова кнопка, рукоятки, рубильник) змонтувати так, щоб виключити

можливість їх самовільного вмикання. Пускова кнопка повинна бути утопленого типу.

### 3. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ НАГНІТАННЯ ТА ПОДІЛУ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА

#### 3.1. Загальна характеристика неньютонівських рідин

Неньютонівські рідини мають просторову структуру в середині якою відбуваються процеси, що не підкоряються закону Ньютона про тертя. До них належать ряд дисперсних харчових продуктів та рідин, крива плинності яких не починається з початку координат, або, не є лінійною. Динамічна в'язкість неньютонівських рідин є змінною за заданих температур і тиску та залежить від швидкості деформації зсуву, конструкції обладнання та ін..

Зі зростанням напруги й швидкості деформації просторові структури подібних рідин руйнуються, в'язкість їх знижується і її називають структурною, уявною або ефективною в'язкістю.

Отже розглянемо, особливості псевдопластичних рідин, їхнього плинності порівняно з рідинами, деформація яких підпорядковується закону Ньютона про тертя.

Псевдопластичний плин характерний для різної неньютонівської харчової сировини, зокрема хлібопекарського тіста тощо. Для псевдопластичних рідин межа текучості  $\sigma_0=0$ . Реологічне рівняння, так зване рівняння Освальда де Віля, має вигляд,

$$\sigma = k \cdot \gamma^n \quad (1)$$

де  $k$  – міра консистенції рідини;

$n$  – індекс плинності.

Виразимо в'язкість (ефективну або уявну) з рівняння Ньютона як

$$\mu_{\text{еф}} = \frac{\sigma}{\gamma} \quad (2),$$

враховуючи цей вираз перетворимо формулу (1):

$$\mu_{\text{еф}} = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}} = k \cdot \dot{\gamma}^{n-1}$$

$$\mu_{\text{еф}} = k \cdot \dot{\gamma}^{n-1} \quad (3)$$

Для псевдопластичних матеріалів  $n < 1$ , отже проаналізувавши рівняння (3), можна бачимо, що ріст швидкості зсуву приводить до зменшення ефективної в'язкості відповідно до рівняння Освальда (рис. 3.1).

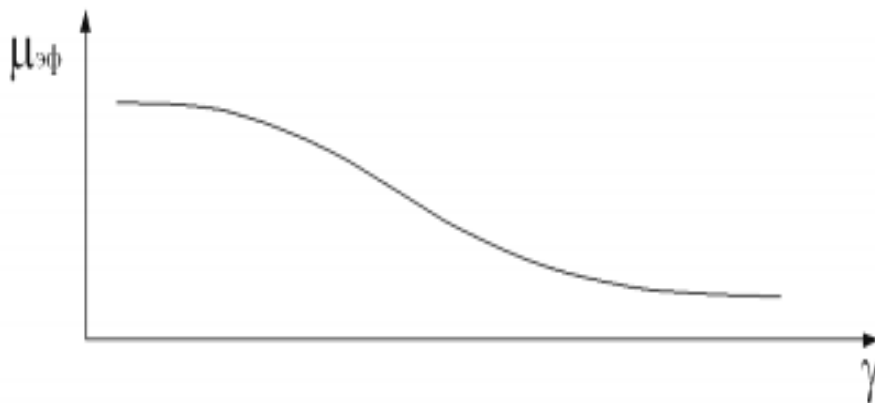


Рисунок 3.1. Повна реологічна крива

В результаті, коли швидкість буде збільшуватися то взаємодія між частинками та сила тертя між ними знижуватиметься. При зростанні швидкості зсуву, дана в'язкість буде зменшуватися до настання ньютонівського плинину.

### 3.2. Загальна характеристика зсувних властивостей харчових продуктів

Однією з основних реологічних властивостей тіста є зсувна властивість, якою можна найбільш яскраво охарактеризувати внутрішню суть об'єкту дослідження. Їх застосовують для контролю якості тіста, розрахунку його руху в робочих органах тістоподільника. Для зразка, криві плину, що характеризують залежності між швидкістю зсуву й напругою зсуву, використовують для конструювання нових машин чи модернізації старих. В тістоподільнику існує зв'язок між тиском в камерах та напругою зсуву в сировині, також взаємопов'язані продуктивність машини з швидкістю зсуву.

Таким чином, тиск розраховуємо за кривими плину, він повинен бути достатнім для створення плину тіста через формувальні органи з певною швидкістю, якщо ж нам відомий робочий тиск, ми можемо визначити параметри вузла приводу тістоподільника.

Для розробки нових ресурсозберігаючих процесів і встаткування можна застосувати реологічні властивості тіста, це дає можливість отримувати продукти з попередньо встановленими властивостями через задані реологічні параметри, конструювати енерго- й матеріалозберігаюче встаткування, з оптимальними параметрами.

Застосувавши гіпотезу безперервності розподілу деформації, суцільності середовища, фізичних властивостей для дослідження реологічних характеристик дисперсних систем можна встановити параметри їх переміщення в нагнітальному вузлі тістоподільника.

«Оскільки реологія базується на теоріях пружності, пластичності й гідродинаміки, то в ній широко використовуються в теоретичному й експериментальному аспектах методи дослідження цих наук: диференціальний, інтегральний, моделей і аналогій, аналізу розмірностей, експериментальний з дотриманням принципу подібності. Останній є основним методом перевірки теоретичних рівнянь і знаходження емпіричних залежностей» [2].

Плин неньютонівських систем, до яких належить тісто, описують диференціальними та інтегральними залежностями. Рівняння Гершеля– Балклі,



за яким можна подати кривих плинну є найбільш загальним [3]:

$$\sigma = \sigma_0 + B_1^* \cdot \gamma^n \quad (4.1)$$

де  $n$  – індекс плинну; показник ступеня (індекс плинну) визначають за виразом:

$$n = \frac{d \lg \sigma}{d \lg \gamma}$$

З математичної моделі (4.1) випливає модель плинну в'язкої ньютонівської рідини, при одиничному індексі плинну та нульовій граничній напрузі зсуву:

$$\sigma = \mu \cdot \gamma \quad (4.2)$$

або сила протидії  $P_{\text{в'язк}}$ :

$$P_{\text{в'язк}} = \mu \cdot F \cdot \gamma \quad (4.3)$$

де  $\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с.

$$\sigma = \frac{P_{\text{в'язк}}}{F} \mu \cdot \gamma \quad (4.4)$$

Коефіцієнту  $B_1^*$  у формулі (4.1) можна надати фізичного значення ефективної в'язкості  $B^*$  (Па·с) при фіксованому градієнті швидкості, наприклад, що дорівнює одиниці, тобто при  $\gamma_1 = 1$ , тоді

$$B^* = \frac{B_1^*}{\gamma_1^{1-n}} = B_1^* \cdot \gamma_1^{n-1} \quad (4.5)$$

$$\sigma - \sigma_0 = B_1^* \cdot \gamma^{n-1} \cdot \gamma \cdot \gamma_1^{n-1} \cdot \gamma_1^{1-n} = B_0^* \left(\frac{\gamma}{\gamma_1}\right)^{n-1} \cdot \gamma \quad (4.6)$$

Позначивши ( $m = 1 - n$ ) – темп руйнування структури й ( $\gamma / \gamma_1 = \gamma_*$ ) – безрозмірний градієнт швидкості, одержимо:

$$\sigma - \sigma_0 = B^* \cdot \gamma_*^{-m} \cdot \gamma = \eta_{\text{еф}} \cdot \gamma_* \quad (4.7)$$

Звідси ефективна в'язкість, Па·с:

$$\eta_{\text{еф}} = B^* \cdot \gamma_*^{-m} \quad (4.8)$$

В'язкість  $\eta_{\text{еф}}$  є результатом змінної характеристики, який описує рівноважний стан, між процесами, що відбуваються в структурі сталого потоку і та залежить від змін градієнта швидкості й напруги зсуву. На рис. 3.2 показано плин «степеневий» псевдопластичної рідини ( $\sigma_{\text{про}} = 0$ ;  $n=1$ ) [3].

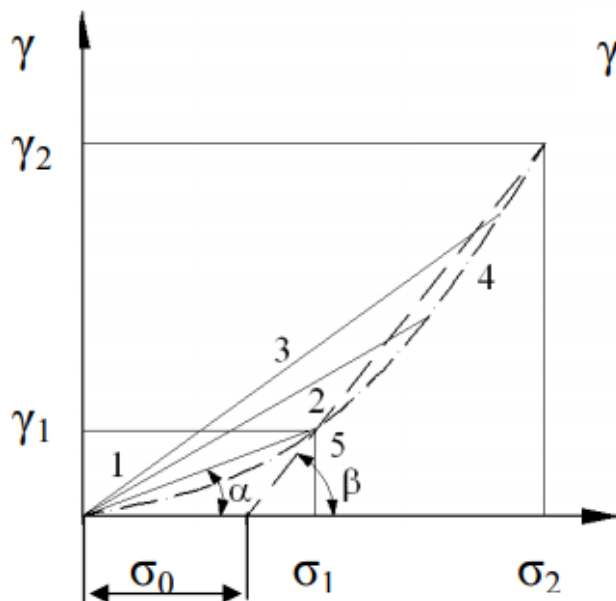


Рисунок 3.2 – Криві плин псевдопластичної систем: лінії 1, 2, 3 -

ефективна в'язкість; 4 – крива плинину; 5 – апроксимація кривої плинину псевдопластичної системи до бінгамівської.

Для обчислення ефективної в'язкості за результатами досліджень на ротаційному віскозиметрі, якщо невідомий закон зміни градієнта швидкості, використовують залежність

$$\eta_{\text{еф}} = B \left( \frac{w}{w_1} \right)^m = B \cdot w^* \quad (4.9)$$

## **3.2. ФІЗИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ПРОЦЕСУ НАГНІТАННЯ ДРІЖДЖОВОГО ТІСТА В ТІСТОПОДІЛЬНИКУ**

### **3.2.1 Аналіз впливу механічного оброблення на властивості дріжджового тіста**

Якість роботи тістоділильників контролюють за масою тістових заготовок, відхилення якої не повинно перевищувати 1,0-1,5%.

Точність поділу тіста має значне технологічне значення. Різні за масою шматки тіста в подальшому будуть оброблятися з різною швидкістю, що погіршить якість виробів. Якщо середня маса буханки виявиться більшою стандартної, то підприємство зазнає економічних втрат, а маса менша стандартної, не буде відповідати вимогам ГОСТ, в результаті виріб забракують. «Допускається відхилення в бік збільшення маси штучного великого (більше 200 г) виробу не більше 3% для одного і 2,5% для 10 шт. виробів від заданої величини» [10].

Прямий вплив на масу заготовки має густина тіста, яка може залежати від ряду факторів, а саме таких як вологість, вміст CO<sub>2</sub>, степінь розпушення, рівень тіста в завантажувальному бункері та ін.. Ряд властивостей тіста, таких як структура, фізичні та реологічні властивості тіста можна регулювати зміною температури.

При обробленні тіста виникає механічний вплив робочих органів на нього, що приводить до утворення губчастого каркаса клейковини та набухання білків, підвищуючи показники фізичних властивостей тіста. Такий вплив відбувається лише в перший період при замісі тіста. Надалі тістова маса, до складу якої входять різні компоненти, через певні механічні дії обробляється з різною інтенсивністю. Питома енергія, що витрачається під час оброблення характеризує інтенсивність механічної обробки тіста.

На структурно-механічні властивості тіста впливає інтенсивність механічної обробки, яка в свою чергу має також забезпечити оптимальні параметри для подальших процесів його дозрівання, оброблення і випікання. Інтенсивність дії робочих органів тістоподільника, температури та тривалість окремих стадій процесу може змінюватись в залежності від конструкції вузлів тістоподільника. В кінцевій стадії оброблення тісто повинно отримати рівномірне перемішування всіх компонентів, для досягнення потрібних властивостей тіста та заданих умов протікання наступних стадій технологічного процесу: бродіння, формування, вистоювання та випікання.

Найбільш складним при встановленні впливу механічного оброблення в тістоділильній машині є визначення максимального тиску в камері стиснення і характеру його зміни при роботі. Для цього потрібно проводити теоретичні, та експериментальні дослідження. Актуальним є також дослідження та визначення оптимальних параметрів шнекового нагнітача: діаметр шнекової камери, її довжину, частоту обертання шнека і величину зазору між шнеком і стінкою шнекової камери.

### **3.2.2 Спрощена лінійна теорія шнекових нагнітачів**

Модель руху харчового середовища між паралельними пластинами використовуємо для спрощеної лінійної теорії. Якщо середовище має лінійну в'язкість, є нестисливе, то процес перекачування тіста буде ізотермічний і

ламінарний. Канал гвинтового нагнітача тістоподільника схематично подаємо у вигляді горизонтального циліндра прямокутного в перетині з однією рухомою стінкою, при цьому використовуємо принцип зверненого відносного руху гвинта і гвинтового каналу (рис. 3.3). Вважаємо також, що зовнішній діаметр гвинта і внутрішній діаметр гвинтового циліндра збігаються, тобто відсутній зазор, в якому може бути зворотній потік матеріалу. Потік в цьому зазорі можна врахувати окремо.

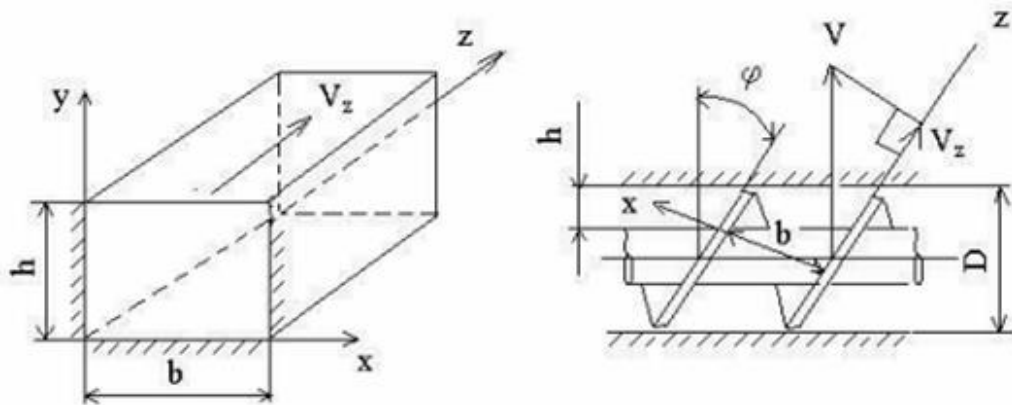


Рисунок 3.3.- Схема каналу гвинтового нагнітача тістділильника.

Тоді швидкість верхньої пластини в прямокутному каналі  $V_z$  (проекція швидкості точок гвинта при  $y=h$  на вісь  $z$ ):

$$V_z = \frac{\pi D n}{60} \cos \varphi \quad (2.1)$$

де  $n$  - кутова швидкість гвинта в оборотах в хвилину;

$D$  - зовнішній діаметр гвинта;

$\varphi$  - кут підйому гвинтової лінії.

Рівняння руху в проекціях на вісь  $z$  має вигляд:

$$\rho \left( \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = - \frac{\delta P}{\delta z} + \left( \frac{\partial v_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial v_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial v_{zz}}{\partial z} \right) + \rho g$$

Реологічні рівняння ньютонівської рідини в прямокутних координатах мають вигляд:

$$\tau_{xz} = \mu \left( \frac{\partial v_z}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial z} \right)$$

$$\tau_{yz} = \mu \left( \frac{\partial v_y}{\partial z} + \frac{\partial v_z}{\partial y} \right)$$

$$\tau_{zz} = \mu \left[ \frac{\partial v_z}{\partial z} - \frac{2}{3} \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) \right] + \chi \left( \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right)$$

де  $xz$ ,  $yz$ ,  $zz$  - компоненти тензора дотичних напружень (девіатор тензора  $\tau_{xz}$ ,  $\tau_{yz}$ ,  $\tau_{zz}$  напружень);  $\chi$  - коефіцієнт об'ємної в'язкості (тут  $\chi = 0$ ).

Підставимо рівняння (3)-(5) в рівняння (2) і проведемо наступні спрощення. В силу стаціонарності потоку  $\frac{\partial v_z}{\partial t}$ ; в плоскопаралельній моделі каналу  $v_x = v_y = 0$ ; геометрія каналу по осі  $z$  не змінюється, звідки  $\frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$ ; рідина нестислива, звідки  $\chi = 0$ ;  $\rho = \text{const}$ ; канал горизонтальний, звідки  $g_z = 0$ . З врахуванням названих спрощень отримаємо диференціальне рівняння руху для побудови теорії шнекових нагнітачів виду:

$$\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} = \frac{1}{\mu} \left( \frac{\partial P}{\partial z} \right)$$

Нехай для неглибоких і широких каналів швидкість течії мало залежить

від координати  $x$ . Тоді рівняння (6) ще більше спрощується і отримаємо крайову задачу виду:

$$\frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} = \frac{1}{\mu} \left( \frac{\partial P}{\partial z} \right); v_z(0) = 0; v_z(h) = V_z$$

Рішенням цієї крайової задачі отримаємо вираз для розподілу швидкостей течії середовища в гвинтовому каналі, як функцію координати  $y$ :

$$v_z(y) = y \left( \frac{V_z}{h} \right) - \frac{yh - y^2}{2\mu} \left( \frac{\delta P}{\delta z} \right)$$

Інтегруванням отримаємо формулу для побудови розхідно-напірної характеристики шнекового нагнітача:

$$Q = b \int_0^h v_z(y) dy = \frac{V_z b h}{2} - \frac{b h^3}{12\mu} \left( \frac{\delta P}{\delta z} \right)$$

Зрозуміло, при виведенні формул (8) і (9) були зроблені суттєві спрощення, але основні закономірності шнекових нагнітачів в харчовій промисловості ці залежності цілком задовільно описують, особливо, якщо замість коефіцієнта динамічної в'язкості моделі ньютонівської рідини використовувати коефіцієнт ефективної в'язкості для неньютонівського харчового середовища при певній ефективній швидкості зсуву.

## 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1. Визначення функціональних залежностей реологічних характеристик дріжджового тіста

Крива плинущу характеризує залежність напруги зсуву  $\sigma$  від швидкості зсуву  $\dot{\gamma}$ . У ході обробки експериментальних даних  $\eta_{\text{еф}}$ , Па·с, окремі ділянки кривої плинущу прийнято апроксимувати прямолінійними відрізками. Метод апроксимації диференціальної кривої плинущу полегшує обчислення.

$$\eta_{\text{еф}} = \frac{\sigma}{\dot{\gamma}}$$

Для отримання графіків залежностей, скористаємося загальновідомими даними [4], які наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1. - Залежність реологічних показників дріжджового тіста вологістю 44%

$\dot{\gamma}, \text{с}^{-1}$	$\tau, \text{Па}$	$\mu, \text{Па}$
0,4	130	310
2,1	360	159
10,4	820	73,5
52,1	930	20
260,4	1800	7,3
1300	3800	3
3255	2100	1,1



Розрахунок ефективної в'язкості, яка залежить від напруги та швидкості зсуву тістового середовища проводимо в середовищі Mathcad, графічне представлення подано на рис.4.1

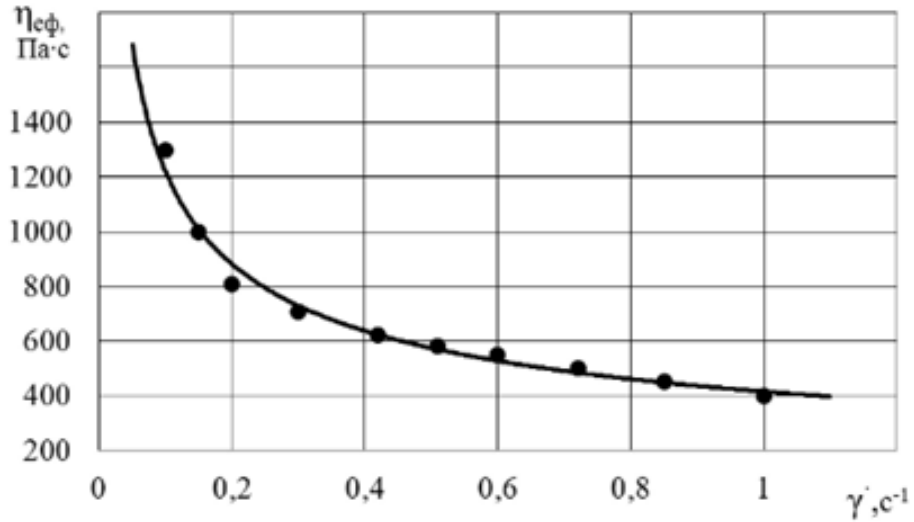


Рисунок 4.1. - Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву.

Враховуючи отримані результати визначимо залежність швидкості зсуву від напруги зсуву в тісті за різної його вологості розрахунки проводимо в середовищі Mathcad графічне представлення отриманих результатів подано на рис.4.2

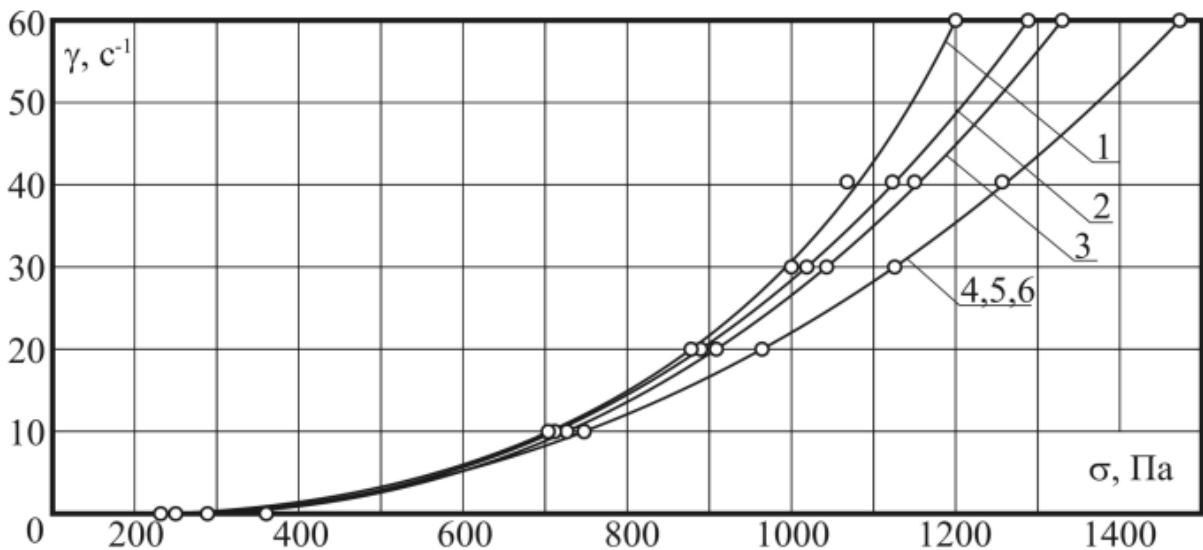


Рисунок 4.2 – Залежність швидкості зсуву від напруги зсуву за різної вологості тіста, %: 1 – 50; 2 – 48; 3 – 46; 4 – 44; 5 – 42; 6 – 40

## 4.2 Варіативні задачі оптимізації для процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику

### 4.2.1 Використання регресійного методу для вибору раціональних параметрів процесу нагнітання дріжджового тіста в тістоподільнику

На якість та продуктивність поділу тіста впливають ряд факторів, котрі можна змінювати, внаслідок чого змінюються продуктивність машини та точність поділу.

Тому потрібно дослідити вплив змінних параметрів ( $P$ ,  $d$ ,  $h$ ) на процес поділу тіста у тісто подільнику марки Кузбас-68-2М. В якості параметра оптимізації будемо використовувати напруження які виникають в продукті під час руху тістової маси в нагнітачі.

Оскільки залежність між вхідними параметрами та напруженням не відомо, то застосуємо модель «чорного ящика», представлену у вигляді:

$$G = f(P, d, h)$$

де  $G$  – напруження;  $P$  – тиск;  $d$  – діаметр валу шнека;  $h$  - висота витка шнека.

Рівняння регресії отримуємо за результатами експерименту та передбачаємо попередньо лінійну модель вигляду:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{123} \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

де  $b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$  – коефіцієнти регресії.

Експерименти планували на основі багатофакторного аналізу, тобто одночасної зміни всіх змінних факторів  $X_1(P)$ ,  $X_2(d)$ ,  $X_3(h)$ .

Складаємо план експерименту з вказаним числом дослідів з відповідними матрицями та межами зміни факторів. Матрице включає перелік варіантів

взятих в певій серії дослідів. Найбільш прості це матриці ПФЕ, де досліджуванні фактори змінюються лише на верхньому та нижньому рівнях.

Визначаємо кількість дослідів ПФЕ:

$$N = 2^n = 2^3 = 8$$

де  $n=3$ , кількість вхідних факторів.

Кількість дублюючих дослідів  $m=2$ .

Далі перетворюємо змінні  $x_i$  в безрозмірні нормалізовані величини  $z_i$ :

$$z_i = \frac{(x_i - x_0)}{\Delta x_i}$$

де  $x_i$  - значення фактора «+» - рівні;

$x_0$  - значення фактора на 0- рівні;

$\Delta x_i$  – крок варіювання;

Отримаємо:

$$y = b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + b_3 \cdot z_3 + b_{12} \cdot z_1 \cdot z_2 + b_{13} \cdot z_1 \cdot z_3 + b_{23} \cdot z_2 \cdot z_3 + b_{123} \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$$

Визначаємо рівні та крок варіювання факторів, врахувавши, які з них впливають на продуктивність нагнітача

Таблиця 1.- Рівні та крок варіювання факторів

Фактор	Одиниці вимірювання	0-рівень	Крок варіювання	Верхній рівень «+»	Нижній рівень «-»
$X_1(P)$	МПа	0,3	0,1	0,4	0,2
$X_2(d)$	м	0,006	0,002	0,008	0,004
$X_3(h)$	м	0,005	0,002	0,007	0,003

Таблиця 2. – Матриця плану активного експерименту

№ досліду	$z_0$	$z_1$	$z_2$	$z_3$	$z_1 \cdot z_2$	$z_1 \cdot z_3$	$z_2 \cdot z_3$	$z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$
1	+	-	-	-	+	+	+	-
2	+	+	-	-	-	-	+	+
3	+	-	+	-	-	+	-	+
4	+	+	+	-	+	-	-	-
5	+	-	-	+	+	-	-	+
6	+	+	-	+	-	+	-	-
7	+	-	+	+	-	-	+	-
8	+	+	+	+	+	+	+	+

## Обробка експериментальних даних

Для перевірки відтворюваності дослідних даних, оцінемо похибку досліду.

Таблиця 3.- Результати експериментів

№ досліду	$Y_1$ , кг/хв	$Y_2$ , кг/хв	$Y_{\text{сеп.}}$ , кг/хв
1	2,11	2,06	2,09
2	2,12	1,51	1,81
3	1,66	1,74	1,7
4	2,9	2,17	2,53
5	1,72	1,79	1,75
6	3,79	3,09	3,42
7	1,88	2,02	1,95
8	2,79	1,98	2,39

Оцінку дисперсії визначаємо за формулою:

$$S_{yj}^2 = (m - 1) \cdot \sum_{i=1}^m (Y_{yj} - \bar{Y}_j)^2$$

$$S_{y1}^2 = (2 - 1) \cdot [(2.11 - 2.09)^2 + (2.12 - 1.81)^2 + (1.66 - 1.7)^2 + (2.9 - 2.53)^2 + (1.72 - 1.75)^2 + (3.79 - 3.42)^2 + (1.88 - 1.95)^2 + (2.79 - 2.39)^2] = 9.84$$

$$S_{y2}^2 = (2 - 1) \cdot [(2.06 - 2.09)^2 + (1.51 - 1.81)^2 + (1.74 - 1.7)^2 + (2.17 - 2.53)^2 + (1.79 - 1.75)^2 + (3.09 - 3.42)^2 + (2.02 - 1.95)^2 + (1.98 - 2.39)^2] = 9.84$$

Визначаємо критерій Кохрена, для перевірки однорідності дисперсії:

$$G_p = \frac{S_{y \max}^2}{\sum_1^m S_y^2} = \frac{9.84}{(9.84 + 9.84)} = 0.5$$

Визначаємо критичне значення критерію Кохрена за таблицями при ступеню свободи  $f_1, f_2$ .

$$f_1 = m - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$f_2 = N = 8$$

Приймаємо рівень значущості  $\alpha = 0,005$  (5%)

Приймаємо  $G_{кр} = 0,6798$

Оскільки  $G_p < G_{кр}$  то отримані дані є відтворюваними, а дисперсії однорідні.

Усереднюємо лінійні дисперсії:

$$S_0^2 = \frac{1}{N} \cdot \sum_1^m S_y^2 = \frac{1}{8} \cdot (9.84 + 9.84) = 2.46$$

Очевидно, що вплив одного фактору є більшим за вплив іншого, тому визначимо коефіцієнти лінійної регресії, проведемо оцінку їх значущості та перевірку отриманої моделі на адекватність.

Визначимо коефіцієнти лінійної регресії з формули:

$$b_i = \frac{1}{N} \cdot \sum_1^N (z_{yj} + \bar{Y})$$

$$b_0 = \frac{1}{8} \cdot (2.61 + 1.81 + 1.7 + 2.53 + 1.75 + 3.42 + 1.95 + 2.39) = 6.6$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \cdot (-2.61 + 1.81 - 1.7 + 2.53 - 1.75 + 3.42 - 1.95 + 2.39) = 2.7$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-2.61 - 1.81 + 1.7 + 2.53 - 1.75 - 3.42 + 1.95 + 2.39) = -4.5$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \cdot (-2.61 - 1.81 - 1.7 - 2.53 + 1.75 + 3.42 + 1.95 + 2.39) = -4.2$$

$$b_4 = \frac{1}{8} \cdot (2.61 - 1.81 - 1.7 + 2.53 + 1.75 - 3.42 - 1.95 + 2.39) = 2.9$$

$$b_5 = \frac{1}{8} \cdot (2.61 - 1.81 + 1.7 - 2.53 - 1.75 + 3.42 - 1.95 + 2.39) = 5$$

$$b_6 = \frac{1}{8} \cdot (2.61 + 1.81 - 1.7 - 2.53 - 1.75 - 3.42 + 1.95 + 2.39) = 4.7$$

$$b_7 = \frac{1}{8} \cdot (-2.61 + 1.81 + 1.7 - 2.53 + 1.75 - 3.42 - 1.95 + 2.39) = -5.9$$

Тоді рівняння регресії має вигляд:

$$Y = 6.6 + 2.7 \cdot z_1 - 4.5 \cdot z_2 - 4.2 \cdot z_3 + 2.9 \cdot z_1 \cdot z_2 + 5 \cdot z_1 \cdot z_3 + 4.7 \cdot z_2 \cdot z_3 + 5.9 \cdot z_1 \cdot z_2 \cdot z_3$$

Проведемо розрахунок критерію Стьюдента:

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S_{bi}}$$

$$t_{0p} = \frac{|6.6|}{0.55} = 1.2;$$

$$t_{1p} = \frac{|2.7|}{0.55} = 5;$$

$$t_{2p} = \frac{|4.5|}{0.55} = 8.1;$$

$$t_{3p} = \frac{|4.2|}{0.55} = 7.7;$$

$$t_{4p} = \frac{|2.9|}{0.55} = 5.3;$$

$$t_{5p} = \frac{|5|}{0.55} = 9.1;$$

$$t_{6p} = \frac{|4.7|}{0.55} = 8.5;$$

$$t_{7p} = \frac{|6|}{0.55} = 1.1.$$

Знаходимо табличний критерій Стьюдента при рівні значущості  $\alpha=0,05$  та степені свободи  $f=N(m-1)=8(2-1)=8$ .

За таблицею вибираємо критерій Стьюдента  $t_{kp}=2,306$ .

Оскільки розрахункові критерії  $t_{1p}, t_{2p}, t_{3p}, t_{4p}, t_{5p}, t_{6p}$  більші табличного значення, то визначені нами коефіцієнти є значимими і їх вплив є суттєвим, іншими коефіцієнтами знехтуємо.

Отже, рівняння регресії буде мати такий вигляд:

$$Y = 2.7 \cdot Z_1 - 4.5 \cdot Z_2 - 4.2 \cdot Z_3 + 2.9 \cdot Z_1 \cdot Z_2 + 5 \cdot Z_1 \cdot Z_3 + 4.7 \cdot Z_2 \cdot Z_3 \quad (2)$$

Проведемо перевірку адекватності рівняння регресії.



Проаналізуємо дисперсію, яка показує розкид середніх дослідних даних змінної відносно *max* значень змінної, які передбачені отриманим лінійним рівнянням регресії.

Ця дисперсія називається дисперсією адекватності і розраховується за формулою:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{1}{N - d} \cdot \sum_{i=1}^{Nm} (\bar{Y}_i - \hat{Y}_i)^2$$

де  $\hat{Y}$  - значення вихідної величини розраховане за отриманим рівнянням регресії;

d - кількість значущих коефіцієнтів лінійного рівняння регресії, d=4

Таблиця 4.- Допоміжні дані для розрахунку

№ дослідю	$Y_{\text{сер}}$	$\hat{Y}$	$ (Y_{\text{сер}} - \hat{Y}) $	$(Y_{\text{сер}} - \hat{Y})^2$
1	2.09	1.82	0.27	0.0729
2	1.81	2.01	-0.2	0.04
3	1.7	1.58	0.12	0.0144
4	2.53	2.97	-0.44	0.1936
5	1.75	2.06	-0.31	0.0961
6	3.42	3.69	-0.27	0.0729
7	1.95	2.23	-0.28	0.0784
8	2.39	2.44	-0.05	0.0025
Всього				0.57

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{0,57}{8 - 6} = 0,285$$

Тоді розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{від}^2} = \frac{0,285}{2,46} = 0,116$$

За таблицями знаходимо табличне значення критерію Фішера для рівняння значущості  $\alpha=0,05$  та степені свободи  $f=N(m-1)=8(2-1)=8$ :

$$F_{кр}=2,01$$

Отже виконується умова  $F_p < F_{кр}$ , оскільки розрахункове значення критерію Фішера менше табличного  $0,116 < 2,01$ , що означає, що дане досліджуване рівняння є адекватним процесу.

Математична модель процесу.

Для переходу до натуральних значень критеріїв використовують формули:

$$Z_1 = \frac{X_1 - X_{01}}{\Delta X_1}; Z_{21} = \frac{X_2 - X_{02}}{\Delta X_2}; Z_3 = \frac{X_3 - X_{03}}{\Delta X_3}$$

де  $X_1, X_2, X_3$  – натуральні значення критерію;

$X_{01}, X_{02}, X_{03}$  - значення критерію на нульовому рівні;

$\Delta X_1, \Delta X_2, \Delta X_3$  – інтервал вимірювання.

Підставивши ці значення у формули (4.3), отримаємо

$$Z_1 = \frac{P-0.3}{0.1}; Z_2 = \frac{d-0.006}{0.002}; Z_3 = \frac{h-0.005}{0.002}$$

Тоді рівняння регресії (2) набуде вигляду:

$$G = 2.7 \cdot \frac{P - 0.3}{0.1} - 4.5 \cdot \frac{d - 0.006}{0.002} - 4.2 \cdot \frac{h - 0.005}{0.002} + 2.9 \cdot \frac{P - 0.3}{0.1} \cdot \frac{d - 0.006}{0.002} \\ + 5 \cdot \frac{P - 0.3}{0.1} \cdot \frac{h - 0.005}{0.002} + 4.7 \cdot \frac{d - 0.006}{0.002} \cdot \frac{h - 0.005}{0.002}$$

Після спрощення рівняння буде мати вигляд:

$$G = 120 + 14500Ph + 2500Pd + 1175000 ht - 185P - 12475h - 16650d$$

Застосувавши отримане рівняння регресії побудували графік залежності розподілу тиску  $P$  від висоти витка шнеку  $h$  (рис. 4.3).

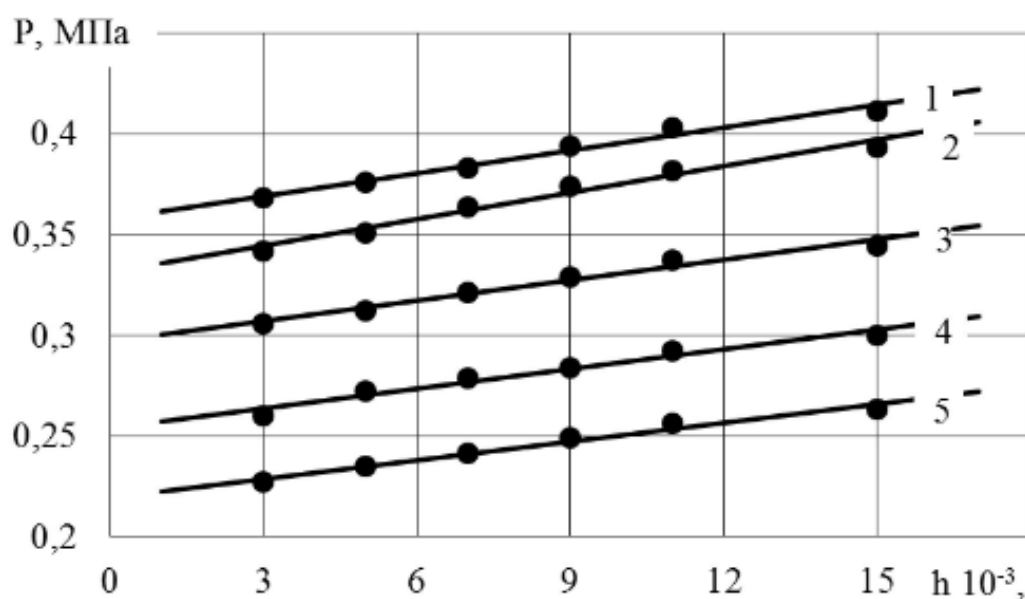


Рисунок 4.3. Залежність розподілу тиску від висоти витка шнека при різному його діаметрі: 1-5; 2-10; 3-15; 4-20; 5-25; 10<sup>-3</sup>м.

Отримана залежність описується рівнянням

$$P = 5 \cdot H - 155 \cdot d \cdot H - 18 \cdot d + 0.43$$

де  $P$  – розподіл тиску, МПа;  $d$  – діаметр валу, м;  $H$  – висота витка шнеку, м.

Визначена залежність тиску нагнітання тіста  $P$  в тістоподільнику від геометричних розмірів нагнітального шнеку, дозволить отримати проектну величину тиску, яка забезпечить задані параметри якості тіста.

Узагальнені результати проведених досліджень представлені на поверхні відгуку рисунок 4.4.

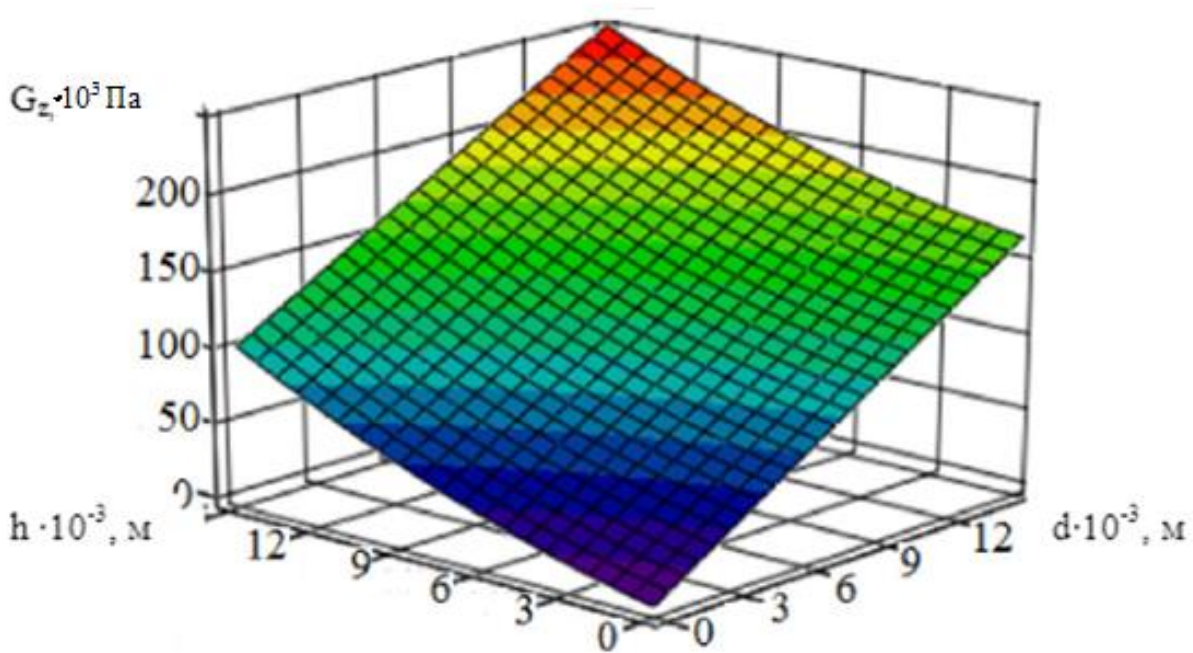


Рисунок 4.4. Поверхня відгуку залежності розподілу осьового навантаження напруження  $G_z$  від діаметра  $d$ , та висоти витка шнеку  $h$ .

Отже проведені обчислювальні експерименти дозволили дослідити кінетику руху тіста в нагнітальному вузлі тістоподільної машини, тиск на витки шнеку з боку сировини, розподіл тиску в об'ємі матеріалу, розподіл еквівалентних напружень. Визначено раціональні геометричні параметри шнекового нагнітача, які сприяють інтенсифікації процесу формування тістової головки.

Таким чином, імітаційна модель процесу дала можливість детально дослідити процеси, що відбуваються в тістоподільнику, залежність характеру течії від конструкції та конфігурації робочих органів. Як результат таке

моделювання дозволяє значно прискорити та здешевити процес створення надійного та економічного технологічного обладнання, для формування дріжджового тіста.

#### 4.3. Дослідження впливу конструктивних параметрів вузла нагнітача на продуктивність роботи тістоподільної машини.

Визначмо продуктивність тістоділильної машини в залежності від конструктивних параметрів вузла нагнітача:

$$П = \frac{Z \cdot \pi \cdot (D_{iu}^2 - d_e^2) \cdot t \cdot n \cdot \rho \cdot k}{4 \cdot 60} \text{ КГ/ХВ.}$$

де  $k = 0,25 - 0,3$  - для одношнекових ділителів.

Розрахунок проводимо в середовищі Mathcad, графічне представлення подано на рис.4.5-4.7.

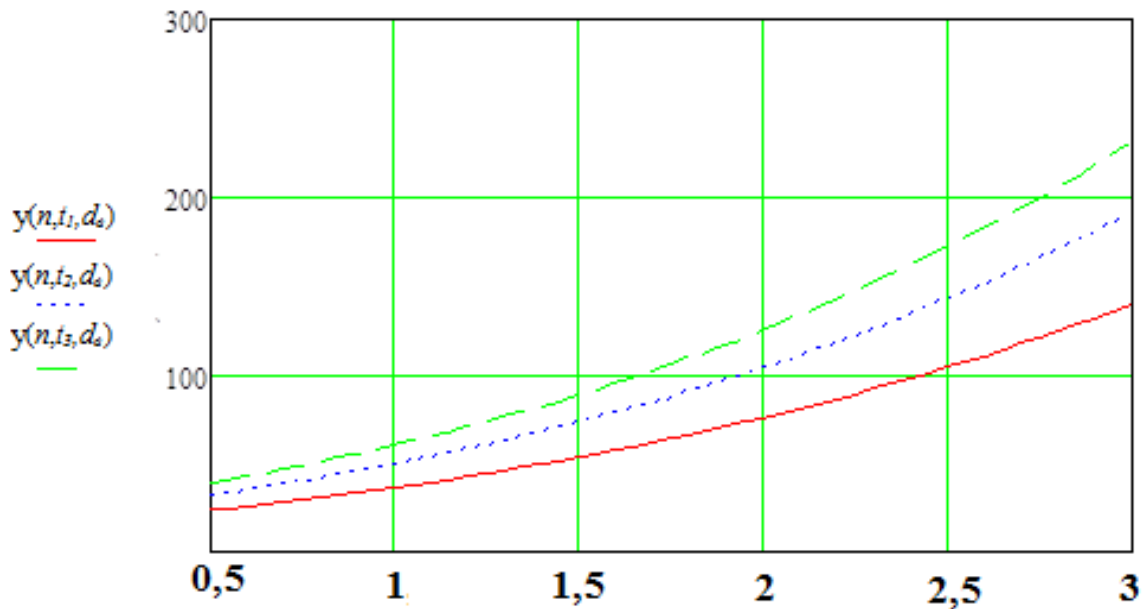


Рисунок 4.5. Залежність продуктивності тістоподільника від числа обертів та кроку шнека при  $d=30$ .

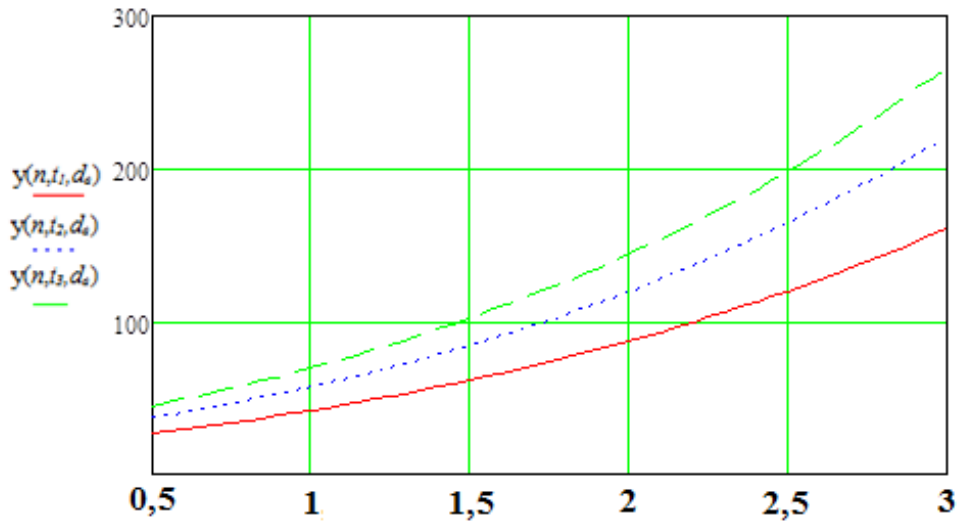


Рисунок 4.6. Залежність продуктивності тістоподільника від числа обертів та кроку шнека при  $d=20$

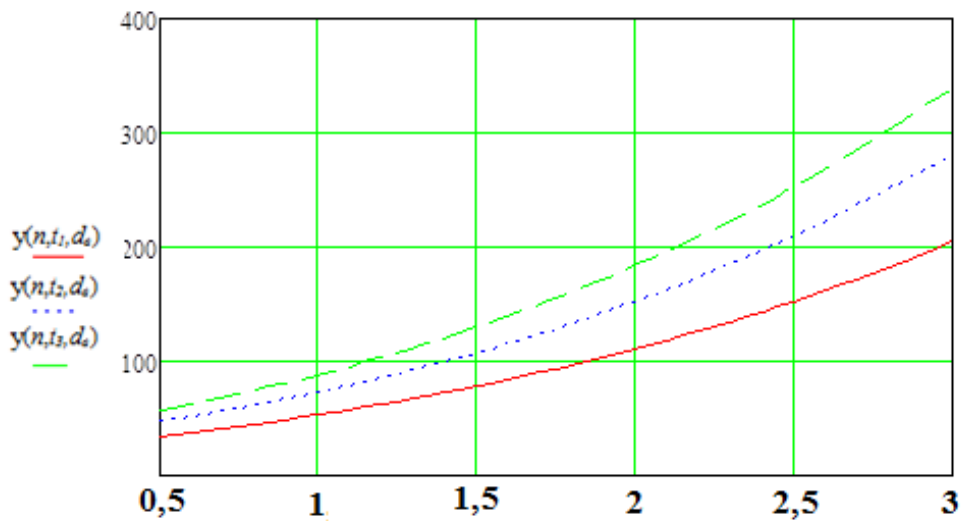


Рисунок 4.7. Залежність продуктивності тістоподільника від числа обертів та кроку шнека при  $d=10$ .

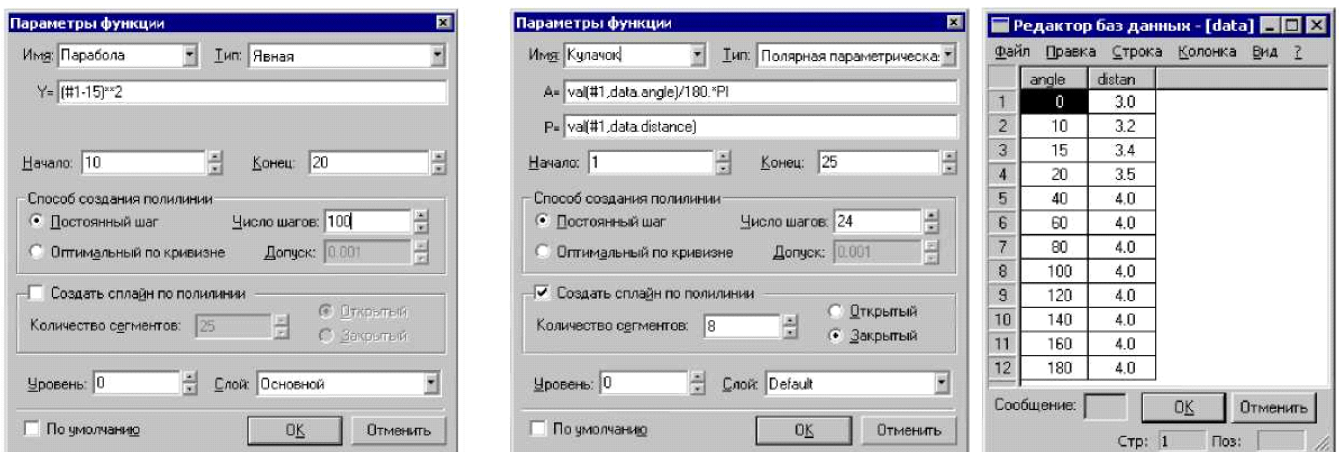
Як видно з наведених графіків продуктивність тістоділильної машини збільшується при збільшенні кроку шнека і падає при збільшенні його діаметра, через відповідне зменшення висоти шнека і як результат пропускної здатності нагнітального вузла машини. Дані результати досліджень дозволяють оптимізувати вибір окремих параметрів деталей нагнітального вузла тістоподільника.

## 5. Спеціальна частина

### 5.1. Алгоритм розрахунку розкрою листового прокату для виготовлення гвинтових заготовок з використанням систем параметричного автоматизованого проектування

Розрахунок геометричних параметрів розкрою листового прокату для виготовлення гвинтових заготовок можна здійснювати аналітичним або графічним способами, шляхом побудови наближеної розгортки гвинтової поверхні. Широке впровадження систем параметричного автоматизованого проектування та креслення дозволило розробити методику виконання таких розрахунків. Алгоритм її реалізації наступний [44]:

1. Виведення рівнянь аналітичного опису геометричної форми ГЗ з виконанням машинобудівного креслення рисунку 5.1.



а)

б)

в)

Рисунок 5.1. Фрагмент програми представлення ділянок профілю розкрою листового прокату:

а - явне представлення в декартовій системі координат; б - параметричне з використанням баз даних; в - параметричне в полярній системі координат з використанням баз даних

Для цього можуть використовуватися чотири варіанти запису:

а) явне представлення в декартовій системі координат  $y = f(\#1, \#2, \langle S \rangle)$ , де  $\#1$ ,  $\#2$ -анонімні параметри (варіативні параметри);  $\langle S \rangle$  - масив змінних. Таке спеціальне позначення використовується для відмінності від інших змінних, що можуть записуватися у виразах, що задають функціональну залежність;

б) параметричне представлення в декартовій системі координат:

$$x = f(\#1, \#2, \langle S \rangle); \quad y = f(\#1, \#2, \langle S \rangle);$$

в) функції в полярних координатах:

$$P = f(\#1, \#2, \langle S \rangle);$$

г) параметричне представлення в полярній системі координат:

$$A = f(\#1, \#2, \langle S \rangle); \quad P = f(\#1, \#2, \langle S \rangle).$$

Такі записи з використанням математичного апарату комп'ютерної алгебри дозволяють візуалізувати на екрані дисплею аналітично записану геометричну форму складних профілів, використовуючи редактори змінних, функції доступу до баз даних.

2. Розбиття профілю на  $m$  ділянок (рис. 5.2) для підвищення точності розрахунків у декілька етапів в межах одного кроку, що здійснюється визначенням елементарного приросту  $\Delta v$  кутового параметру  $v_n(\#1)$ , від переміщення радіус-вектору, що описує формоутворення ГЗ [47].

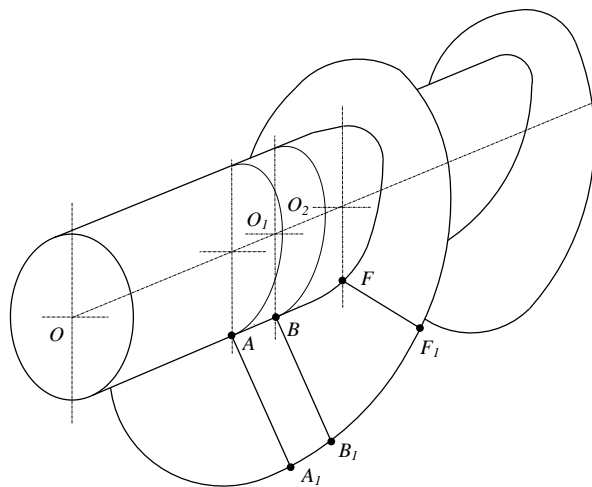


Рисунок 5.2. Розбиття поверхні на ділянки



3. Визначення координат розбиття повздожньої осі ГЗ:  $Z_n = Z_{n-1} + \Delta Z_n$ , що відповідає різним положенням радіус-вектора відповідно до значень  $v_n = v_{n-1} + \Delta v$ .

4. Розрахунок величин модуля радіус-вектора  $\bar{r}_1$ , що описує висоту витка для різних значень  $v_n$ .

5. Розрахунок довжин елементарних дуг ділянок гвинтової лінії за зовнішнім та внутрішнім краями ГЗ з відповідними центральними кутами  $\nu$ , з урахуванням значень  $v_n$ ,  $v_{n-1}$ ,  $|\bar{v}_1|_n$ ,  $|\bar{v}_1|_{n-1}$ ,  $Z_n$ ,  $Z_{n-1}$ .

6. Побудова розгортки. На основі розрахованого масиву значень сторін, дуг та центральних кутів будуються ділянки розгортки гвинтової поверхні, що послідовно з'єднуються. У процесі побудови необхідно враховувати, що кут між відрізком внутрішньої гвинтової лінії та радіус-вектором, загальним із попереднім (відносно площини відрахунку ділянок) є прямий. При цьому для побудови розгортки використовують змінні та параметри, що є складовими рівнянь опису ПГЗ. Це дозволило встановити однозначний зв'язок між геометричними параметрами ГЗ та відповідними параметрами розкрою листового прокату для виготовлення такого профілю в середовищах різних систем параметричного автоматизованого проектування (SolidDage, T-FLEX CAD та ін.).

Такий підхід дозволив забезпечити високу степінь гнучкості та можливість зміни зображення ПГЗ і відповідної автоматичної зміни кривих розгортки для розкрою листового прокату із збереженням співвідношень між елементами креслення, що передбачені конструкторською документацією.

## 5.2. Автоматизоване проектування технологічного процесу

Текст керуючої програми для пошуку раціональної форми розкрою листового прокату подано на рисунку 5.3.



## 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.

### 6.1. Основні показники економічної ефективності

Основними показниками, які характеризують економічну ефективність щодо впровадження нових заходів є: капітальні витрати, термін окупності, коефіцієнт економічної ефективності, додатковий прибуток, підвищення продуктивності праці, економія матеріальних витрат, народногосподарчий економічний ефект.

Економічна ефективність впроваджуваної машини для поділу тістових заготовок проявляється у вигляді економії напівфабрикату – тіста, за рахунок більш точного його поділу на шматки встановленої маси і економії електроенергії в той період коли обладнання не використовується на повну потужність. Тому при оцінці необхідно розраховувати, аналізувати ряд додаткових показників, які конкретно характеризують дане підприємство і дають необхідні дані для аналізу про його технічні, економічні та інші переваги і недоліки для додаткового аналізу того чи іншого рішення.

Для виконання розрахунків використовуємо звітні фактичні техніко – економічні показники підприємства, які подаємо в таблиці (таблиця 6.1).

Таблиця 6.1. Вихідні данні для розрахунку:

№ п/п	Показники	Одиниця виміру	Базовий варіант	Проект	Підстава
1	2	3	4	5	6
1	Технічна продуктивність лінії	т./добу	38,640	39,675	
2	Коеф. використання потужності лінії	-	0.86	0.86	
3	Фонд робочого часу	діб	220	220	
4	Чисельність працюючих на лінії	чол./зміну	7	6	

Продовження таблиця 6.1.					
1	2	3	4	5	6
5	Кількість змін роботи	12 год.	2	2	
6	Собівартість однієї тони виробу	грн.	892	Розрах.	
7	Оптово-відпускна ціна однієї тони продукту	грн.	1007,96	1007,96	
8	Потужність електроприводу машини	кВт/год.	4	4	
9	Вартість 1 кВт/год енергії	грн.	0,165	0,165	
10	Вартість приводу	тис. грн.	4,0	5,8	По даним заводу
11	Транспортні і заготвельно-складські роботи	%	-	5,5	
12	Проектні витрати	%	-	4	Проект
13	Витрати на монтаж	%	-	10	Проект
14	Середня спискова чисельність працюючих заводу	чол.	924	924	
15	Дисконтна ставка	%	-	25	Основа НБУ
16	Амортизаційні відрахування	%	15	21,925	Норматив
17	Витрати на ремонт	%	8	8	
18	Тарифна ставка робітника 4-го розряду	грн.	3,85	3,85	
19	Відрахування на соц. витрати	%	38,3	38,3	Норматив
20	Витрати на охорону праці	%	5	5	По даним заводу

## 6.2 Додаткові капітальні витрати (початкові інвестиції).

Додаткові капітальні виплати (початкові інвестиції) які включають в себе: вартість обладнання К з урахуванням витрат на транспортування (5 % його вартості), заготівельно-складських витрат (1,2 % вартості обладнання),

витрат на монтаж (8 — 10 % вартості обладнання), та ін.; витрати на демонтаж обладнання, що замінюється ( $D = 5\%$  його вартості); ліквідаційна вартість обладнання —  $L$ ; витрати на будівельні й монтажні роботи —  $K_{\text{буд}}$ ; супутні витрати —  $K_{\text{суп}}$ , що мають місце в інших цехах, службах підприємства, а також у суміжних галузях виробництва; обігові кошти (у разі зростання або зниження обсягу виробництва в межах 10 %).

$$\Delta K (\text{П}) = K + D - L + K_{\text{буд}} + K_{\text{суп}}$$

$$K = 5,8 \times 5,5\% + 5,8 \times 1,2\% + 5,8 \times 10\% + 5,8 = 6,76 \text{ (тис. грн.)}$$

$$D = 4 \times 5\% = 0,2 \text{ (тис. грн.)}$$

$$L = 4 \times 10\% = 0,4 \text{ (тис. грн.)}$$

$$K_{\text{буд}} = 5,8 \times 10\% = 0,58 \text{ (тис. грн.)}$$

$$K_{\text{суп}} = 5,8 \times 8\% = 0,464 \text{ (тис. грн.)}$$

$$\Delta K (\text{П}) = 6,76 + 0,2 - 0,4 + 0,58 + 0,464 = 7,61 \text{ ( тис. грн.)}$$

Залишкова вартість існуючого обладнання:

$$H_3 = K_{\text{п}} \left( 1 - \frac{A_{\text{м}} \times T}{100} \right)$$

де  $K_{\text{п}}$  - первинна вартість існуючого обладнання;  $A_{\text{м}}$  — норма амортизації - 15 %;  $T$  - термін експлуатації, роки.

$$H_3 = 4 \times \left( 1 - \frac{15 \times 6}{100} \right) = 0,4 \text{ (тис. грн.)}$$

Виходячи з цього визначаються загальні капітальні витрати:

$$K_{\text{заг}} = \Delta K + H_3 = 7,61 + 0,4 = 8,01 \text{ (тис. грн.)}$$

Зміна обсягу виробничої потужності:

$$ВП_1 = 38,640 \times 220 \times 0,86 = 7310,68 \text{ (тонн)}$$

$$ВП_2 = 39,675 \times 220 \times 0,86 = 7506,51 \text{ (тонн)}$$

Вартісно- виробнича потужність:

$$ВВП_1 = 7310,68 \times 1007,96 = 7368873 \text{ (т. грн./рік)}$$

$$ВВП_2 = 7506,51 \times 1007,96 = 7566261,82 \text{ (т. грн./рік)}$$

### **Розраховуємо чисельність працюючих і фонд заробітної плати.**

Розробка нового товару і його впровадження як результат має забезпечити додатковий прибуток. З цією метою слід визначити зміну поточних витрат, а саме - витрат із заробітної плати, нарахувань на заробітну плату, на охорону праці, утримання і експлуатацію обладнання, теплоенергетичні ресурси, вихід продукції та ін.

Фонд заробітної плати розраховують виходячи з наявної кількості робітників, їх тарифних ставок, норм виробітку та річного фонду часу роботи.

Розрахунок нарахувань на заробітну плату: пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд на випадок тимчасової втрати працездатності, держстрахування від нещасних випадків розраховують за встановленими нормативами.

### **Розраховуємо зміну витрат на електроенергію:**

$$В_{ЕЛ} = \frac{N_{ВСТ} \times K_{ВИК} \times K_{ВТР} \times K_{Ч} \times ТЦ_{Е}}{K_{КД}}$$

де  $N_{ВСТ}$  - сумарна встановлена потужність електродвигунів, кВт;  $K_{ВИК}$  -

коефіцієнт використання потужності електродвигуна: 0,7 - 0,9;  $K_{ВТР}$  — коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в межах заводу - 1,06;  $K_{ч}$  - коефіцієнт завантаження електродвигуна в часі;  $T$  - річний фонд роботи обладнання, год.;  $C_E$ , - вартість 1 кВт/год. електроенергії, грн.;  $K_{КД}$  — коефіцієнт корисної дії електродвигуна - 0,9.

$$B_{ЕЛ} = \frac{4 \times 0,8 \times 1,06 \times 0,7 \times (220 \times 24) \times 0,165}{0,9} = 2298,42 (\text{грн.})$$

$ZП = Ч_{ПВП} \times n \times \Phi \times T_{СТ}$  – тарифний фонд заробітної плати.

Преміальні виплати - нічні зміни:  $20 + 75 = 95 = 31,6\%$ ; святкові дні: 10 днів; відпустка: 8%; вихідні: 50%.

$$ZП_E = 1 \times 2 \times 12 \times 220 \times 3,85 = 20328 (\text{грн.})$$

Преміальні виплати:

$$\text{Святкові дні: } ZП = 1 \times 2 \times 12 \times 10 \times 0,1 \times 3,85 = 92,4 (\text{грн.})$$

$$\text{Преміальні дні: } ZП = 1 \times 2 \times 12 \times 52 \times 0,5 \times 3,85 = 2402,4 (\text{грн.})$$

$$\text{Нічні зміни: } ZП = 1 \times 2 \times 12 \times 95 \times 1/3 \times 3,85 = 2927 (\text{грн.})$$

$$\text{Відпустка: } ZП = (2927 + 2402,4 + 92,4 + 20328) \times 8 / 100 = 2060 (\text{грн.})$$

$$\text{Всього економія: } \Sigma = 2060 + 2927 + 2402,4 + 92,4 + 20328 = 27809,6 (\text{грн.})$$

$$\text{Економія з/п на одну тону: } E = \frac{\Sigma}{ПВ_2} = \frac{27809,6}{13895} = 2 (\text{грн./тону})$$

$$\text{Відрахування на соц. витрати: } 2 \times 0,338 = 0,68 (\text{грн.})$$

$$\text{Відрахування на охорону праці: } 2 \times 0,05 = 0,10 (\text{грн.})$$

Паливо і електроенергія на технологічні цілі:

$$E_{ЕЛ(БАЗ)} = \frac{2298,42}{7310,68} = 0,31 (\text{грн.})$$

$$E_{\text{ЕЛ(ПІСЛЯ ВПРОВ.)}} = \frac{2298,42}{7506,51} = 0,30(\text{грн.})$$

$$A_1 = \frac{4000}{7310,68} \times 0,27 = 0,14(\text{грн.})$$

$$A_2 = \frac{5800}{7506,51} \times 0,27 = 0,21(\text{грн.})$$

Таблиця 6.2 Статі витрат виробництва продукції, що змінюються.

№ п/п	Статті витрат, що змінюються	Базовий варіант, $C_1'$	Проект, $C_2'$
1	Паливо і електроенергія на технологічні цілі	0,31	0,30
2	Заробітна плата: економія	2	-
3	Відрахування на соц. витрати	0,68	-
4	Відрахування на охорону праці	0,10	-
5	Витрати на утримання і експлуатацію обладнання	0,14	0,21

$$C_1' = 0,31 + 2 + 0,68 + 0,10 + 0,14 = 3,23 \text{ (грн./тону)}$$

$$C_2' = 0,30 + 0,21 = 0,51 \text{ (грн./тону)}$$

$$\Delta C = C_1' - C_2' = 3,23 - 0,51 = 2,72 \text{ (грн.)}$$

$$C_2 = C_1 - \Delta C = 892 - 2,72 = 889,28 \text{ (грн./тону)}$$

### Розраховуємо додатковий прибуток.

$$\Delta \text{П}_p = \text{П}_p - \text{П}_p = (\text{Ц} - C_2) \times A_2 - (\text{Ц} - C_1) \times A_1 = (1007,96 - 889,28) \times 7506,51 - (1007,92 - 892) \times 7310,68 = 43130 \text{ (грн.)}$$



### 6.3 Розрахунок основних і додаткових показники: індекс доходності і прибутковості.

Проведемо розрахунок доцільності впровадження нового товару методом дисконтування.

Чистий грошовий потік:

$$\text{ЧГП} = \Delta\Pi_p \times (1-n) \times A_M = 43,130 \times (1-0,25) + \frac{5,8}{1,2} \times 0,21925 = 32,350 \text{ (тис. грн.)}$$

Теперішня вартість майбутніх грошових потоків за весь життєвий цикл проекту:

$$TB = \text{ЧГП} \times \frac{1}{(1+P)^t}$$

де  $t$  – рік експлуатації обладнання;  $P$  – дисконтна ставка,  $P = 27\%$

$$TB_1 = 32,350 \times \frac{1}{(1+0,27)^1} = 25,470 \text{ (тис.грн.)}$$

$$TB_2 = 32,350 \times \frac{1}{(1+0,27)^2} = 20,050 \text{ (тис.грн.)}$$

$$TB_3 = 32,350 \times \frac{1}{(1+0,27)^3} = 15,790 \text{ (тис.грн.)}$$

$$TB_4 = 32,350 \times \frac{1}{(1+0,27)^4} = 12,430 \text{ (тис.грн.)}$$

$$TB_5 = 32,350 \times \frac{1}{(1+0,27)^5} = 9,790 \text{ (тис.грн.)}$$

$$TB_6 = 32,350 \times \frac{1}{(1+0,27)^6} = 7,709 \text{ (тис.грн.)}$$

$$TB_{1-7} = 25,470 + 20,050 + 15,790 + 12,430 + 9,790 + 7,709 = 91,250 \text{ (тис.грн.)}$$

Чиста теперішня вартість:

$$\text{ЧТВ} = \Sigma \text{ТВ} - \Delta K(\text{П}) = 91,250 - 7,61 = 91,24239 \text{ (тис.грн.)}$$

Індекс доходності:

$$ID = \frac{\text{ЧТВ}}{\text{П}} = \frac{91,24239}{7,61} \approx 11,99$$

Дисконтний період повернення інвестицій:

$$ДППИ = \frac{\Delta K(\text{П})}{\text{ТВ}_{\text{CP}}} = \frac{7,61}{15,2} = 0,5(\text{роки})$$

$$\text{ТВ}_{\text{CP}} = \frac{\text{ТВ}_{1-7}}{t} = \frac{91,24239}{6} = 15,2$$

Індекс прибутковості:

$$IP = \frac{\text{ТВ}_{1-7}}{K_{3AГ}} = \frac{91,250}{8,01} = 11,39$$

Висновок. Наведені техніко економічні обґрунтування та розрахунки основних показників економічної ефективності методом дисконтування свідчать про те, що даний проект має право на життя. Тобто може бути впроваджений у виробництво, як такий, що технічно можливий і доцільний та економічно ефективний.

## **7. ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

При розробці і організації технологічних процесів необхідно повністю враховувати діюче законодавство, санітарні і гігієнічні вимоги, мета яких усунення виробничої шкідливості.

Виконання законодавчих і нормативних актів по охороні праці веде до зниження виробничого травматизму.

### **1. Закон України про охорону праці.**

Закон України про охорону праці визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

### **7.1. Аналіз виробничого травматизму.**

Рівень травматизму і профзахворювань на підприємствах залежить від рівня організації охорони праці та пожежної безпеки, а також стану трудової дисципліни. Значну роль у питаннях створення здорових і безпечних умов праці відіграє наявність коштів на підприємстві, призначених для охорони праці і професіоналізму працівників.

Розслідування травматизму, аварій і професійних захворювань на підприємствах, в установах і організаціях України проводиться згідно з «Положенням про розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на підприємстві в установах і організаціях» (ДНАОП 0-00-4.03 — 98).

Аналіз протягом декількох років пекарного цеху встановив, що основними видами травматизму є ушкодження електричним струмом, які сталися внаслідок того, що працював робітник з обладнанням яке знаходилося під напругою. Крім того були випадки теплових ударів, які сталися через необачну роботу робітників біля печей. Висока температура і виділення значної кількості теплоти привели до втрати свідомості працівників. Неузгодженість дій, халатне відношення до безпеки, призвели до цих наслідків.

Аналіз виробничого травматизму на даній ділянці ведуть статистичним методом, який оснований на впевненій причині травматизму, по документах, що реєструють нещасні випадки (акти по формі Н1, листи непрацездатності).

Отже, для зниження рівня виробничого травматизму у галузі необхідно по-перше впроваджувати організаційні заходи, а також намагатися покращити трудову і виробничу дисципліну

Основними напрямками по ліквідації виробничого травматизму є:

- підготовка спеціалістів по охороні праці і пожежонебезпеці, а також підвищення рівня знань по охороні праці у всіх інженерно-технічних працівників всіх посад;

- забезпечення робітників підприємства всіма діючими нормативними документами в галузі охорони праці і пожежній безпеці і забезпечення проведення трьохступеневого контролю за станом;

- утриманням обладнання, машин і установок, будівель, споруд у відповідності з діючими положеннями і виключенням випадків допуску до експлуатації несправного, або не відповідного до вимог нормативних документів обладнання, машин, установок, будівель і споруд;

- підвищення якості навчання і інструктажу по техніці безпеки працівників, а також виключення випадків по техніці безпеки до роботи не проінструктованих працівників;

- забезпечення працівників ефективними засобами захисту у відповідності із специфікою виробничих процесів.

## 7.2 Електробезпека та пожежна безпека.

Електробезпека у виробничих умовах забезпечується відповідною конструкцією електроустановок, технічними способами і засобами захисту, організаційними та технічними міроприємствами.

Від випадкового дотику до струмопровідних частин обладнання захищають огороження (корпуси, кожухи, кришки). В електроустановках, які вимагають частого проведення робіт на огорожуваних струмоведучих частинах, застосовуються блокування, які за принципом дії є механічні та електричні.

Для захисту від дотику до металевих нетоковедучих конструктивних частин електроустановок використовуються захисні заземлення, занулення. Це спеціальне електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих нетоковедучих частин, які можуть опинитися під напругою. Захисне заземлення знижує до безпечного рівня напругу дотикання до корпусу за рахунок зменшення потенціалу відносно землі через малий опір заземлення. Для забезпечення безпеки величина опору заземлюючих пристроїв у відповідності з ПУЕ не повинна перевищувати 4 Ом, а при потужності генераторів та трансформаторів 100 кВ·А і менше опір заземлюючих пристроїв - 10 Ом.

Також небезпеку являє накопичення статичної електрики на обладнанні та його елементах, для запобігання чого передбачені спеціальні заходи. Як приклад можна навести склади безтарного зберігання борошна. Мука на склад безтарного зберігання доставляється муковозами, із яких з допомогою з'єднувального шланга вона розвантажується у бункер. Під час розвантаження з'єднувальний трубопровід обов'язково заземлюють для того, щоб виключити можливість накопичення зарядів статичної електрики. З цією ж метою у завантажувального отвору в бункері встановлені конуси, з'єднані із заземленим корпусом бункеру. Мука, що подається в бункер, потрапляє на конус,

зсипається з нього, віддаючи при цьому накопичені заряди статичної електрики, які відводяться у землю.

Цех для виробництва хлібопекарної продукції по небезпеці ураження людини електричним струмом та залежно від стану виробничого середовища за "Правилами улаштування електроустановок" (ПУЕ) відноситься до підприємств з підвищеною небезпекою.

Відповідно проводиться вибір типу і виконання електрообладнання та параметри його роботи.

Основними заходами електробезпеки є

- недоступність основних струмоведучих частин;
- протипожежна ізоляція;
- заземлення всіх струмоведучих елементів електрообладнання;
- швидкодіюче автоматично-захисне відключення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;
- захисне розділення мережі;
- блокувально-попереджувальна сигналізація з написами і плакатами;
- використання захисних засобів і пристроїв;
- проведення ППР та профілактичних випробувань електричного обладнання;
- проведення організаційних заходів (навчання, інструктажі, атестація);
- ремонт та профілактика машини здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

Одним із основних засобів захисту від блискавки є блискавковідводи, які містяться на даху, сприймають удар блискавки і відводять струм блискавки в землю.

1. Цех по виробництву хлібобулочних виробів по вибухопожежній безпеці відноситься до категорії "В" згідно з нормами технологічного проектування ОНТП 24-86.

2. Ступінь вогнестійкості будівлі для основних цехів не повинен бути

нижче III згідно зі СНиП 2.01.02-85.

3. Згідно з ПУЕ клас приміщення та зони вибухопожежної небезпеки - В-Па.

4. Для своєчасного оповіщення про пожежу в цеху передбачена автоматична пожежна сигналізація. В якості автоматичних оповіщувачів прийняті теплові пожежні оповіщувачі ДСП-038. Для ліквідації пожежі в цеху є первинні засоби пожежогасіння. Це пожежні стволи разом з пожежними рукавами, внутрішні пожежні трубопроводи, вогнегасники, лопати, відра, сухий пісок, азбестові ковдри, а також інструменти для розбирання будівельних конструкцій.

5. Розрахунок необхідної кількості води для трьох часового пожежегасіння.

$$Q = \frac{3 \times 3600 \times (n_1 + n_2)}{1000} (\text{м}^3)$$

де: 3600 та 1000 – перевідні коефіцієнти відповідно години в секунди і літрів в м<sup>3</sup>.

$n_1$ – витрата води на внутрішнє пожежегасіння, ( $n_1=5$  л/с);

$n_2$ – витрата води на зовнішнє пожежегасіння ( $n_2=20$  л/с), виходячи з того що відділення пожежонебезпекою відноситься до категорії “В”, ступінь вогнестійкості- “III”, та об`єм приміщення рівний

$$V_{\text{пр}} = L \times S \times H$$

де L- довжина; S- ширина; H- висота дільниці цеху;

$$V_{\text{пр}} = 40 \times 5 \times 8 = 1600 \text{ м}^3, \text{ то } n_2 = 20 \text{ л/с.}$$

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5 + 20)}{1000} = 270 [\text{м}^3]$$

Приймаємо об`єм резервуара з водою 300 м<sup>3</sup>.

6. У разі пожежі або інших нестандартних ситуацій у цеху має бути не менше двох шляхів евакуації людей. Розташовують виходи з протилежних сторін будівлі або розосереджено. У разі потреби одним з шляхів евакуації

може бут вікно з пожежною драбиною або східцями, що ведуть на зовнішне подвір'я.

Для підвищення пожежної безпеки необхідно:

- дотримуватись режиму роботи обладнання;
- надійна герметизація з'єднань;
- теплоізоляція нагрітих поверхонь;
- попередження надходження зарядів статичної електрики;
- використання системи автоматизації, блокування, попереджувальної і аварійної сигналізації;
- своєчасне проведення оглядів, профілактичних випробувань, планових попереджувальних ремонтів обладнання.

### **7.3 Можливі способи зараження радіоактивними речовинами тіста.**

У випадках, коли підприємство потрапляє в зону радіоактивного, хімічного або бактеріологічного зараження, в першу чергу має бути проведена відповідна розвідка, за результатами якої начальник цивільної оборони підприємства приймає рішення щодо проведення робіт для ліквідації наслідків зараження.

Складовою частиною ліквідації наслідків зараження є спеціальне оброблення - комплекс заходів, що проводяться з метою приведення виробничого персоналу до готовності для виконання обов'язків.

Спеціальне оброблення включає знезараження поверхонь різних предметів, обладнання, транспорту, тари, сировини, напівфабрикатів, готової продукції та води, а також санітарне оброблення особового складу формувань і виробничого персоналу. Санітарне оброблення проводиться у санітарно-обмивальних пунктах, які розгортаються на базі лазень, санітарних пропускних пунктів та душових з використанням пересувних дезінфікаційно-душових пристроїв.



Знезараження - виконання робіт з дезактивації, дегазації і дезінфекції заражених об'єктів, води, продуктів харчування, сировини, обладнання, транспорту тощо.

Зараженість радіоактивними речовинами (РР) ліквідується дезактивацією, хімічними отруйними речовинами (ХОР) — дегазацією, для знезараження бактеріологічних засобів проводиться дезінфекція.

**Дезактивація** - комплекс заходів, що проводяться з метою видалення радіоактивних речовин із заражених об'єктів та доведення їх до безпечних для людини величин забруднення.

Способи дезактивації, незалежно від виду зараження, можна поділити на рідинні і безрідинні.

Рідинний спосіб передбачає видалення РР механічною дією струменем води (пари) або внаслідок фізико-хімічних процесів між рідинним середовищем і радіоактивними речовинами, які супроводжуються утворенням комплексних сполук, колоїдів та іонним обміном.

Безрідинні способи дезактивації - це механічне видалення РР змітанням, витрушуванням, відсмоктуванням, здуванням та зняттям верхнього зараженого шару поверхні.

Найдоцільніше використовувати механічні безрідинні способи дезактивації. Вони ефективніші і дешевші, ніж ті, що базуються на фізико-хімічних процесах.

Для дезактивації інвентаря і обладнання на підприємствах харчової промисловості доцільно використовувати речовини та їх розчини, що вживаються для миття обладнання: кальцинована сода, рідке скло, їдкий натрій, азотна кислота та ін.

На підприємствах харчової промисловості дезактивації підлягають територія, будівлі, споруди, обладнання, транспорт, тара, вода, продукти харчування, сировина, забрудненість яких перевищує допустимі норми.

**Дезактивація продуктів харчування, харчової сировини, напівфабрикатів і води (вододжерел).** Знезараження харчової сировини і продуктів має проводитись так, щоб із зменшенням забрудненості зберігалась харчова цінність продукту, його смакові властивості, зовнішній вигляд. Тому кількість способів знезараження скорочується, використання значної частини мийних і знезаражувальних засобів виключається. Найдоцільнішим способом дезактивації мав би бути природний спосіб, пов'язаний із зменшенням активності радіонуклідів з часом. Даний спосіб може бути рекомендований за умови, що сировина і продукти не потребують термінового використання; періоди напіврозпаду радіонуклідів, що забруднили продукти, короткочасні (години, доби). Природний спосіб може бути використаний також для зменшення зараженості запасного обладнання; діючого обладнання, що не має контакту з харчовими продуктами і людиною; обладнання, що має поверхневу забрудненість понад припустиму в 2-3 рази; сировини і готової продукції тривалого зберігання (борошно, цукор, сіль, макаронні вироби, ячмінь, рис, кукурудза, солод, хміль).

**Дезактивація сипких продуктів (цукор, сіль та ін.)** Сипкі продукти, затарені у мішки, дезактивують головним чином заміною зараженої тари на чисту. Для цього поверхню мішка злегка зволожують, обтирають вологою ганчіркою, потім мішок розшивають і продукт пересипають совком у чистий мішок. Продукти перевіряють у лабораторії на зараженість РР.

**Дезактивація борошна.** Заражені мішки з борошном до дезактивації не перевертають і не переносять. Оброблення починають з видалення пилу з поверхні мішка обмітанням. Після видалення пилу беруть пробу безпосередньо під мішковиною. Якщо зараженість понад припустиму, мішки замочують водою (4 л/м<sup>2</sup>). Через 2-6 год. утворюється кірка тіста. Потім мішок розшивають, беруть проби з-під кірки тіста. Якщо забрудненість борошна не перевищує припустиму, борошно совком

пересипають у чисті мішки і використовують за призначенням. За великої забрудненості штабель залишають для природної дезактивації. Відходи борошна внаслідок дезактивації замочуванням становлять до 1,6-2 %. Якщо борошно забруднюється РР під час безтарного зберігання, то вручну або пневматичними засобами видаляють верхній шар борошна завтовшки 1-2 см або змочують верхній шар борошна водою (витрата 2-2,5 л/м<sup>2</sup>). Утворену кірку видаляють вручну, а борошно перевіряють на забрудненість. Борошно у процесі проходження через силос контролюють, забруднене збирають в іншу місткість для природної дезактивації.

**Дезактивація кухонної і живильної солі.** Заражену сіль розчиняють у воді і відстоюють. Дезактивацію солі проводять також фільтруванням і зніманням верхнього шару.

**Дезактивація водних джерел і води.** Наземні споруди водних джерел (артезіанські свердловини та колодязі) дезактивують обмиванням їх поверхні чистою водою. Перед використанням воду з артезіанських джерел відкачують протягом 10 хв. Шахтні колодязі дезактивують тільки в крайньому разі (у разі потреби), їх дезактивацію проводять багаторазовим відкачуванням води із колодязя і видаленням з дна мулу та піску. Неприпустиме зворотне потрапляння у водне джерело використаної води. Використану воду відводять до узгоджених з медичною службою ЦО місць, які позначають попереджувальними знаками. Забруднений шар ґрунту також вивозять за межі підприємства і закопують у місцях, зазначених медичною службою ЦО.

Дезактивацію води здійснюють тільки у тому разі, якщо немає можливості мати воду із незаражених джерел.

**Дегазація.** Дегазацією називається знезараження (нейтралізація, розклад) отруйних речовин або видалення їх із зараженої місцевості і різних об'єктів. Дегазують головним чином об'єкти та предмети, заражені

стійкими отруйними речовинами. Використовують три способи дегазації: хімічні, фізичні та механічні.

Хімічні способи базуються на перетворенні ОР в нешкідливі речовини внаслідок взаємодії з ними деяких хімічних речовин або їх розчинів дегазівних речовин.

Фізичні способи — розчин і змивання ОР з поверхні розчинниками (бензин, гас, дизпаливо, спирт, чотирихлористий водень і ін.), випаровування ОР під дією високих температур, гарячого повітря, пари.

Механічні способи базуються на зніманні (зрізанні) і видаленні зараженого шару або ізоляції зараженого шару.

На практиці ці способи взаємодоповнюювані і використовуються комплексно залежно від стану хімічного забруднення і наявності сил і засобів дегазації.

Продукти харчування, заражені парами ОР, якщо немає потреби у терміновому використанні, дегазують провітрюванням. Строки провітрювання в літніх умовах наведено у табл. 7.1.

У разі зараження борошна аерозолем ОР типу Ві-ікс провітрювання малоефективне. Борошно дегазують видаленням зараженого шару. Для цього поверхню мішка зволожують (4 л/м<sup>2</sup>).

Таблиця 7.1

Продукти	Пакування	Тривалість дегазації,	
		лоби зоман	іприт
Борошно житнє	Мішки із тканини	30-35	9-10
Борошно пшеничне	Мішки із тканини	20-25	9-10
Цукор-рафінад	Пакунки	7-8	0
Цукор-пісок	Мішки з тканини	2-3	0
Сіль дроблена	Без тари	2-3	1

**Примітка.** У осінній та весняний період тривалість дегазації збільшується у 2-3 рази.

Через 2-6 год. (залежно від погоди) мішок розшивають і беруть пробу борошна в різних місцях під утвореною кіркою тіста. Якщо зараженість не вище норми, тоді верх мішка загортають назовні і борошно обережно пересипають совком у чистий мішок.

У разі зараження борошна в силосах або буртах окремими краплями або аерозолем ОР дегазацію проводять знімаючи верхній шар і знищують. Решту борошна провітрюють і перевіряють на залишкову зараженість.

Пресовані дріжджі, заражені окремими краплями і аерозолями ОР, дегазують зрізуванням зовнішнього шару завтовшки до 1 см. Заражену обгортку та зрізаний шар знищують. На заражених парою ОР брикетах дріжджів обгортку знімають і знищують. Дріжджі провітрюють протягом доби. Сухі дріжджі, заражені парою ОР, провітрюють у сушарні при температурі 30-36°C протягом доби.

Цукор у мішках, заражений у літній час парою іприту, не поглинає його пари і може використовуватись без обмежень.

Восени і весною виникає незначна зараженість, яка може бути ліквідована 2-3-добовим провітрюванням або кип'ятінням водного розчину з цукру не менше 10 хв.

У разі зараженості цукру парою інших ОР мішок розв'язують або розшивають, цукор висипають на чисту поверхню (поліетиленова плівка, папір, фанера) шаром не більше 5-7 см і провітрюють влітку не менше 3-4 діб. У разі потреби негайного використання заражений цукор розчиняють у воді в концентраціях, визначених технологічними умовами використання, кип'ятять його з додаванням води до її википання протягом 10 хв. при зараженні парою іприту і не менше 100 хв. — парою зарину, зоману і Ві-ікс газів.

Олеїнову кислоту, заражену ОР, не дегазують, а знищують.

Бражку і сусло, заражені зоманом, знищують, а парами іприту - відстоюють протягом 2 год. і довше.

Жири і масло вершкове дегазують відрізанням заражених ділянок. Спочатку зрізають шар жиру на глибину не менше 1 см, потім ніж дегазують і зрізають другий шар завтовшки до 0,5 см. Зрізані шари жиру знищують.

Рослинні масла дегазують способом лугової рафінації або у процесі дезодорації в спеціальних установках підприємств жиркової промисловості.

Тісто і тістові заготовки, заражені парою ОР, знищують.

Хліб і хлібобулочні вироби дегазують тільки у разі зараження парами ОР. Не запакований житній і пшеничний хліб, заражений парою зоману, виносять із зараженої ділянки і провітрюють в літній час протягом доби для попереднього зниження зараженості. Потім хліб ріжуть на скибки завтовшки 2,5 см і готують з них сухарі, які сушать при температурі 120-130°C протягом 5-7 годин. У разі зараження хліба і хлібобулочних виробів іпритом можлива дегазація прогріванням у печі при температурі 200-250°C протягом 30 хв. Батони нарізні, хліб подовий, заражені парами зоману, провітрюють протягом доби, а потім прогрівають до 200-220°C протягом 15 хв. Ті самі вироби, заражені парою іприту, достатньо прогріти 20 хв. при тій самій температурі.

Хліб тривалого зберігання виймають з плівкових герметичних пакунків, провітрюють добу і прогрівають при температурі 200-220°C протягом 20 хв. у разі зараження парами зоману або 10 хв. — парами іприту. Потім хліб знову стерилізують і запаковують для тривалого зберігання або зразу направляють на реалізацію.

Сухарі в крафт-мішках, заражені парами ОР, залишають у цих мішках і провітрюють у літніх умовах 35-40 діб у разі зараження зоманом і 25-30 діб - іпритом. У разі термінової потреби сухарі прогрівають кілька годин при температурі 120-130°C.

У всіх випадках після дегазації силами об'єктової лабораторії СЕС проводиться контроль зараженості продуктів харчування для визначення придатності до вживання.

#### **7.4 Ліквідація зараження бактеріальними засобами.**

Зараження бактеріальними засобами (БЗ) ліквідується дезінфекцією, тобто знищенням збудників інфекційних захворювань і їх носіїв та руйнуванням токсинів.

Дезінфекція поділяється на власне дезінфекцію (знищення мікробів і руйнування токсинів), дезінсекцію (знищення комах) і дератизацію (знищення гризунів). Дезінфекцію проводять механічними, фізичними та хімічними способами.

Механічні — видаляється або ізолюється заражений поверхневий шар ґрунту або об'єкта.

Фізичні - знищуються мікроби і руйнуються токсини за допомогою вогню, пари, гарячого повітря і води, ультрафіолетових променів та сонячної радіації.

Хімічні — знищуються мікроби та руйнуються токсини дезінфікаційними речовинами та їх розчинами.

Дезінфекцію на підприємствах харчової промисловості у разі його зараження БЗ проводять за вказівками начальника штабу ЦО міста (району) силами спеціальних формувань ЦО підприємства (міста, району) під керівництвом працівників санітарно-епідеміологічних станцій відповідно до плану. Дезінфекцію розпочинають тільки після отримання результатів бактеріологічного дослідження проб, відібраних з території, будівель, споруд, сировини, готової продукції та води, заражених БЗ.

Для дезінфекції використовують речовини окисної та хлорувальної дій, які мають бактерицидну дію завдяки хімічній активності і

здатності окислювати та хлорувати речовини живих клітин мікроорганізмів. До таких речовин належать 2%-й розчин хлораміну ДТ-2 у дихлоретані або 5-10%-й розчин ДТ-6 і ДП-2 у дихлоретані (дегазівний розчин N1), кашки хлорного вапна на воді та їх суспензії.

**Дезінфекція продуктів харчування** Дезінфекцію продуктів харчування проводять після знезараження території, будівель, споруд, технологічного обладнання і тари.

Борошно в мішках знезаражують змочуванням мішка водою з наступним пересипанням у знезаражену тару внутрішнього шару борошна. Заражене вегетативними формами мікроорганізмів борошно знезаражується під час випікання хліба за звичайною технологією. Висновок про можливість знезараження конкретних видів вегетативних форм мікроорганізмів у процесі технологічного (кулінарного) оброблення дає медична служба.

Хліб, випечений за звичайною технологією із зараженого споровими формами мікроорганізмів борошна, не знезаражується. Отриманий із такого борошна хліб ріжуть на шматки завтовшки 1-2 см та сушать на сухарі при температурі 130-150°C протягом 5 годин.

Зерно (круп) дезінфікують тепловим обробленням, газуванням зерна на складі, промиванням зерна дезінфікувальними розчинами. Теплове оброблення проводять на сушарнях або на іншому обладнанні, яке забезпечує потрібну температуру і експозицію нагрівання.

Воду знезаражують кип'ятінням. Споріві форми БЗ гинуть після 1-7 год. кипіння, а вегетативні - через 5-10 хв. Для знезараження води проводять хлорування протягом 30 хв. (3 г активного хлору на 1 м<sup>3</sup> води).

Газування зерна проводять дихлоретаном, хлорпікрином або бромистим метилом. Для надійної фумігації зерна приміщення складу потрібно герметизувати. Витрата бромистого метилу — 350 г/м<sup>3</sup> об'єму приміщення. Тривалість оброблення при зараженні споротвірними



формами мікроорганізмів становить 5 діб, а при зараженні вегетативними формами - 1 доба.

Промивають зерно дезінфікувальним 5%-м розчином хлораміну з розрахунку 1 л на 1 кг зерна. Після цього зерно промивають у воді та висушують.

Дріжджі, заражені БЗ, утилізують або знищують. Цукор і сіль дезінфікують, розчинивши їх у воді з наступним кип'ятінням протягом 1-2 год. залежно від зараження вегетативними або споровими формами мікроорганізмів.

Хліб та хлібобулочні вироби, заражені вегетативними формами мікроорганізмів, ріжуть на шматки завтовшки 2-2,5 см. З них готують сухарі при температурі 120-130°C протягом 5 годин.

Воду знезаражують кип'ятінням. Споріві форми БЗ гинуть після 1-7 год. кипіння, а вегетативні - через 5-10 хв. Для знезараження води проводять хлорування протягом 30 хв. (3 г. активного хлору на 1 м<sup>3</sup> води).

## 8. ЕКОЛОГІЯ

### 8.1 Екологізація виробництва

Екологізація виробництв пов'язана з виробництвом екологічно безпечної продукції при мінімальних витратах природних ресурсів (сировини, енергії, палива та інших матеріалів) з утворенням мінімальної кількості не утилізованих відходів, які не порушують функціонування природних екосистем та біосфери загалом.

Екологічні проблеми хлібопекарської галузі полягають у наступному: оскільки більшість хлібопекарських печей працює на рідкому паливі, а саме на природному газі, то газові викиди, що утворюються під час випікання хліба, є продуктами мелаїдиноутворення і містять альдегіди (ізовалеріановий та фруктовий). Їх викидають в повітря без очищення.

Основним забрудником довкілля є стічні води, що утворюються під час миття обладнання і скидаються в міську каналізаційну мережу. До складу їх входять переважно органічні речовини, які є залишками сировини (борошна) та продуктів трансформації їх. ХСК стічних вод становить 500-800, а інколи і 1500-2000 мг  $O_2/дм^3$ , що значно перевищує нормативні вимоги (200-300 мг  $O_2/дм^3$ ). Такі води потребують локального очищення, наприклад аеробної ферментації а аеротенках.

До харчових відходів на хлібозаводах відноситься лише хлібна крихта, а інші відходи – це відпрацьовані матеріали, що мають другорядну роль у виробництві хлібобулочної продукції.

Згідно із Законом України "Про охорону навколишнього природного середовища" від 25.06.91 р. ст. 55 - складування, зберігання або розміщення відходів дозволяється на територіях підприємств, в межах встановлених лімітом, з додержанням санітарних і екологічних норм, в разі їх подальшого господарського використання або у випадку тимчасової неможливості

застосування технології утилізації в межах міста.

У всіх інших випадках відходи підлягають негайній утилізації в межах міста. Підприємства і організації, які не дотримуються цих правил, підлягають штрафним санкціям.

Екологізація виробництва – це поступове розширення дії екологічних пріоритетів у виробничій діяльності, підвищення екологічної освіченості та свідомості управлінського персоналу, поступове проникнення екологічних нововведень у виробництво, екологічна модернізація виробництва.

Екологізація виробництва може здійснюватися різними шляхами: впровадженням раціонального природокористування (заощадження природних ресурсів, економія витрат сировини, палива, енергії, тощо) та проникненням екологічних нововведень у промисловість. Одним із основних способів екологізації промисловості є вдосконалення і модернізація технології виробництва, в тому числі уловлювання викидів, комплексне перероблення стічних вод і відходів та використання продуктів перероблення як вторинної сировини, очищенні викидів і стоків.

Реконструкція лінії виробництва хліба українського на хлібокомбінаті 0 полягає у зміні привода тістоподільника на цій лінії і встановлення фіксатора на ділильній головці, який запобігає розгвинчуванню регулювального гвинта і збільшує точність поділу тістових заготовок. Ця модернізація є екологічно раціональною, оскільки: зміна приводу дає велику економію електроенергії у той період, коли обладнання не використовується на максимальну потужність, збільшення точності поділу тістових заготовок дає значну економію напівфабрикату - тіста, для виробництва хліба і набагато зменшує кількість браку. Отже, зберігаються ресурси і зменшується антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

Введення в лінію по виробництву хліба українського тістоподільника із зазначеними модернізованими вузлами не перевищує ліміти встановлених граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин.

## 8.2 Екологічно безпечні продукти харчування.

На теперішній час велика увага у всьому світі приділяється випуску безпечної та високо екологічної продукції. Наведемо ознаки «екологічно безпечної» продукції:

- легко розбиратися, ремонтуватися, перероблятися та мати взаємозамінні складові частини; мати мінімальну кількість упаковки, виробленої з перероблених або непридатних для повторного використання матеріалів;
- вироблятися за допомогою енергозберігаючих технологій;
- виготовлятися з відновних ресурсів, добування яких не руйнує екологічну систему;
- продукція має бути нетоксичною і не містити шкідливих домішок;
- передбачати можливість вторинного використання або включатися в колообіг речовин у природі після закінчення терміну дії;
- призначатися для тривалого та багаторазового використання.

З урахуванням цих ознак сформулюємо ознаки «екологічно безпечних» харчових продуктів:

- вони повинні містити набір макро- та мікроелементів, необхідних для здорового та збалансованого харчування людей;
- виготовлятися за допомогою енергозберігаючих безвідходних та маловідходних технологій за мінімальних витрат сировини і енергії та мінімальних відходів виробництва, що б завдало мінімальної шкоди довкіллю;
- мають бути нетоксичними й не містити шкідливих домішок;
- призначатися для тривалого харчування;
- харчові добавки різного призначення не повинні містити токсичних інгредієнтів, що призводять до неприємних та негативних наслідків для здоров'я людей;
- тара та упаковка мають бути багаторазового використання,

передбачати можливість вторинного використання матеріалів або включатися в природний колообіг речовин;

- продукти харчування не повинні утворювати токсичні речовини та супроводжуватися шкідливими мікробіологічними перетвореннями на всіх стадіях виробництва, зберігання та споживання;

Для дотримання екологічної безпеки виробництва всі його стадії повинні відповідати вимогам “зелених” технологій. Усі відомості щодо виробництва та послуг мають бути доступними. Споживачі повинні мати право на громадський контроль виробленої харчової продукції.

Для поліпшення якості харчових продуктів до них вводять різні біологічно активні добавки, покликані поповнити дефіцит багатьох вітамінів, мінеральних елементів, ненасичених жирних кислот, різних видів харчових волокон тощо. Особливо корисними є полі компонентні рослинні суміші, виготовлені з натуральної сировини, такі як фруктово-ягідні, зернові і цитрусові концентровані екстракти, пектини, фруктово-глюкозні сиропи та екстракти з різних трав. Вони сприяють нормальному травленню та виведенню з організму токсичних і канцерогенних сполук та радіонуклідів.

Для продуктів щоденного вжитку слід обмежити використання синтетичних барвників. Харчові барвники не повинні містити солей ртуті, селену, хрому, вільних ароматичних амінів, вищих ароматичних вуглеводнів та інших шкідливих для організму речовин. Для продовження терміну зберігання продуктів використовують різні природні консерванти: кухонну сіль, харчові жири, олію, оцет, цукор, етанол, оксид карбону (IV), азот та різні кислоти – молочну, лимонну, винну, бензойну, мурашину тощо.

Для обмеження потрапляння перелічених речовин в організм людини встановлені певні нормативи, що регламентуються ГДК і ДЗК їх в організмі людини. Так гранично допустима норма пропіонату натрію та кальцію, які використовують для запобігання пліснявінню хліба – 3 мг на 1 кг маси тіла людини.

Як консервант використовують антибіотики – препарати тетрациклінового ряду, пеніцилін, субтилін, стрептоміцин, левоміцетин, бацитроцин та ін. Під час зберігання продуктів уникають дії кисню повітря й світла. Тому продукти зберігають у темному й холодному приміщенні з використанням повітронепроникної упаковки. При цьому можуть утворюватися антиоксиданти – речовини, що блокують ланцюгову реакцію утворення вільних радикалів. Однак їх використання пов'язано з проблемою токсичності й безпеки.

**Свіжість** - один із основних показників готових виробів. Безпосередньо залежить від терміну зберігання хліба. Для запобігання торгівлі черствими виробами установлені відповідні терміни зберігання хліба на підприємстві.

Хліб, який зберігався на підприємстві або в магазині більш, ніж встановлена норма, вважається браком і підлягає переробці. (Табл 8.1)

Табл. 8.1. Види хліба і хлібобулочних виробів і термін їх зберігання.

Хліб	Термін зберігання хліба на підприємстві, год.	Термін зберігання хліба в торгівлі, год.
Ваговий і штучний із борошна житнього, житньо-пшеничного, обозного і обдирного	14	до 36
Хлібобулочні вироби із сортового борошна і житнього сортового масою більше 200 г.	10	24
Дрібноштучні вироби із пшеничного і житнього сіяного масою менше 200 г.	8	20

## ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено дослідження кінетики процесу поділу тіста з пшеничного та житнього борошна в тісто подільнику марки Кузбас-68-2М та визначено оптимальні конструктивні параметри шнеку нагнітального вузла для продуктивної та якісної роботи обладнання.

Аналіз конструкцій формувальних машин, які використовуються у харчових виробництвах та основних технологічних процесів нагнітання тіста показав, що оптимізація процесу поділу, подальше вдосконалення технології і обладнання для поділу тіста, розробка науково обґрунтованих оптимальних режимів, які забезпечили б мінімальні витрати на виробництво одиниці продукції і високу її якість, є найважливішими техніко-економічними задачами.

Провівши загальний аналіз конструкції і принципу дії тістоділильника марки Кузбас-68-2М та його окремих вузлів було визначено основні напрямки подальших досліджень та модернізації машини.

Для вирішення поставлених задач в роботі розроблено та проведено розрахунок кінематичної схеми модернізованого тістоділильника, проведено конструктивні розрахунки елементів конструкції тістоділильника;

Для забезпечення вибору оптимальних параметрів роботи машини проведено теоретичне дослідження впливу технологічних параметрів та конструктивних особливостей нагнітального вузла тістоділильника марки Кузбас-68-2М.

В роботі розроблено заходи з охорони праці, безпеки життєдіяльності та цивільної оборони, заходи з охорони навколишнього середовища.

Економічне обґрунтування прийнятих в роботі рішень доводить, що точність поділу тістових заготовок є дуже важливим економічним чинником, так як дає суттєву економію напівфабрикатів і значно підвищує якість готової продукції. Зокрема, запропонована модернізація тістоділильника передбачає зниження витрат електроенергії і підвищення точності поділу тістових заготовок, а отже і покращення якості готової продукції.

## Бібліографія

1. Знаменский Г.М. Гидравлические и тепловые процессы пищевых производств / Г.М. Знаменский. - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 255 с.
2. Реология в процессах виробництва харчових продуктів : навч. посібник : у 2 ч. Ч. 1. Класифікація та характеристика неньютонівських рідин / [О. І. Черевко, В. М. Михайлов, В. І. Маяк, О. А. Маяк]; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х. : ХДУХТ, 2014. – 244 с.
3. Кирсанов Е.А., Матвеев В.Н. Неньютоновское поведение структурированных систем Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2016. – 384с. ISBN 978-5-94836-461-2
4. Структурно-механические свойства мучного теста [Текст] / Б.А. Николаев. — М. : Пищевая пром-сть, 1976. — 247с.
5. Сандул О.О., Штефан Є.В., Теличкун Ю.С., Теличкун В.І. Математичне моделювання процесу формування тіста екструзією // Харчова промисловість. – 2001. – №1. – С. 95 – 98.
6. Азаров Б.М. Выбор метода изучения реологических характеристик [Текст] / Азаров Б.М., Назаров Н.И. // Реологические характеристики пищевых продуктов и полуфабрикатов. Обзор – М.: ЦНИИТЭИпищепром. – 1971. – С. 3 – 8.
7. Азаров, Б.М. Реология пищевых масс. Лабораторный практикум [Текст] / Азаров Б.М., Назаров Н.И. – М.: Издательство МТИПП, 1970. – 90 с.
8. Азаров, Б.М. Технологическое оборудование пищевых производств [Текст] / Азаров Б.М., Аурих Х., Дичев С. и др. – М.: Агропромиздат, 1988. – 463 с.
9. Азаров, Б.М. Технологическое оборудование хлебопекарных и макаронных предприятий [Текст] / Б.М. Азаров, АТ. Лисовенко, С.А. Мачихин и др.; Под ред. С.А. Мачихина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 263 с.
10. Антипов, С.Т. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн.



Кн.1 [Текст] / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. В.А. Панфилова. – М.: Высшая школа, 2001.

11. Арет, В.А. Течение пралиновых масс в цилиндрических формующих каналах [Текст] / Арет В.А., Мачихин Ю.А. // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1967. – № 5. – С. 25 – 27.

12. Ауэман, Л.Я. Технология хлебопекарного производства [Текст] / Ауэман, Л.Я. // 7 – е изд. перераб. и доп. – М.: Пищевая промышленность. – 1972. – С. 512.

13. Васина, А.Ф. Реологические и адгезионные свойства пшеничного теста в зависимости от «силы» муки [Текст] / Васина А.Ф., Зимон А.Д., Иоффе С.М., Энкина Л.С. // Известия Вузов, Пищевая технология. – 1987. – №3. – С. 38–40.

14. Васина А.Ф. Факторы, влияющие на течение хлебного теста [Текст] / Васина А.Ф., Зимон А.Д., Иоффе С.М., Энкина Л.С. // Известия Вузов, Пищевая технология. – 1986. – № 4. – С. 25 – 27.

15. Гейштор, В.С. Регулирование температуры полуфабрикатов и теста в тестоприготовительном оборудовании [Текст] / Гейштор В.С. // Хлебопекарная и кондитерская промышленность. – 1983. – № 11. – С. 36 – 37.

16. Горячева, А.Ф. Механическая обработка теста [Текст] / Горячева А.Ф., Щербатенко В.В. – ЦИНТИПищепром, 1968. – 36 с.

17. Горошко М.К. Машины и агрегаты для приготовления теста [Текст] / Горошко М.К. / – М.: Пищепромиздат, 1963. – 147 с.

18. Горачев, Ю.П. Математические методы планирования экспериментов [Текст] / Горачев Ю.П. // Пищевая Промышленность. – 1979. – С. 199.  
32. Гришин, А.С. Влияние различных способов тестоприготовления на качество хлеба [Текст] / Гришин А.С., Энкина Л.С. // – М.: Пищевая промышленность. – 1974 – С. 112.

19. Гришин, А.С. Исследование реологических свойств теста [Текст] / Гришин А.С., Цирульников В.Д., Энкина Л.С. – М.: ЦНИИТЭИпищепром,

1971. – 36 с.

20. Гулий, І.С. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості [Текст] / Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О. та ін. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576 с.

21. Гуць, В.С. Прикладна реологія та інтенсифікація процесів харчових виробництв [Текст]: Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.12 /УДУХТ/ Гуць В. С. – К., 1999. – 36 с.

22. Дикий, Н.А. Основы научных исследований [Текст] / Дикий Н.А., Халатов А. А. – К.: Вища школа, 1985. – 224 с.

23. Ковбаса, В.Н. Влияние различных факторов на удельный объем пшеничного хлеба [Текст] / Ковбаса В.Н., Лисовенко А.Т., Ташмухамедова Г.К // В кн.: Хлебопекарная, макаронная, дрожжевая промышленность. М.: ЦНИИЕЭИпищепром, – 1981. Вып. 6. – С. 9 – 10.

24. Кононюк, А.Е. Справочник конструктора оборудования пищевых производств [Текст] / Кононюк А.Е., Басанько В.А. – К.: Техніка, 1981. – 319 с.

25. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. Часть 1. - М.: Химия, 1995. - 400 с.

26. Паспорт та інструкція по експлуатації тістоподільної машини КУЗБАС.

27. Потапов В.О. Моделирование технологических процессов харчових виробництв. Навчальний посібник: - Х.: ХДУХТ, 2008 – 148 с.

28. Основы расчета и конструирования машин и автоматов пищевых производств. / Под ред. А.Я.Соколова —М.: Машиностроение, 1969. —637с.

29. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. —М.: химия, 1974. — 752с.

30. Иванов М.Н. Детали машин. —М.: Высшая школа, 1991. — 383с.

31. Сборник задач и примеров расчета по курсу деталей машин. М.: Машиностроение, 1975. —286с.

32. Общетехнический справочник. /Под ред. Е.А. Скороходова. —М.:

Машиностроение, 1990. -496с.

33. Посацький С.Л. Опір матеріалів. – Львів, Видавництво Львівського університету, 1963. –360с.

34. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976.- 608с.

35. Шевчук Я.М. Методичні вказівки до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності 7.090221 “Обладнання харчових та переробних виробництв” / Шевчук Я.М., Галушак М.П.– Тернопіль, 2001 – 28с.

36. Никитин В.С. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности / Никитин В.С., Бурашников Ю.М. — М.: Агропромиздат, 1991.— 349с.

37. Охорона праці: Метод. Вказівки до викон. розділу «Охорона праці» дипломних проектів/ Уклад.: В. С. Гуць, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, О. І. Сидорченко, Є. С. Богданов. – К.: НУХТ, 2003. – 21 с.

38. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. — 2-ге вид., перероб. Затверджено МОН / Стеблюк М.І. — К., 2010. — 487 с.

39. Васійчук В.О. Основи цивільного захисту. Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк. - Львів: Видавництво НУ "ЛП", 2010. - 417с.

40. Злобін Ю. А. Основи екології. – К.: Видавництво «Лібра», ТОВ, 1998. – 248 с.

41. Запольський, А.К. Екологізація харчових виробництв: підруч. для студ. вищ. навч. закладів/ А.К. Запольський, А.І. Українець. – К.: "Вища школа", 2005. – 423 с.

42. Сороковнін Н.В Дослідження технологічних параметрів довговічності спіралей шнеків / Н.В. Сороковнін, М.М. Габор// Актуальні задачі сучасних технологій : тези доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. (Тернопіль 27–28 листопада 2019 року) / МОН

України, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – С. 266.

43. Quality by Design / S.M. Sanchez, J.S. Ramberg, J.J. Rignatiello // Concurrent Engineering: Automation, Tools, and Techniques, Edited by Andrew Kusiak. 1993, John Wiley & Sons. Inc. P. 234 - 286.

44. Лясота О.М. Алгоритм розрахунку розкрою листового прокату для виготовлення складно профільних гвинтових заготовок // Матер. 10-ї наук. конф. ТДТУ імені Івана Пулюя. - Тернопіль: ТДТУ імені Івана Пулюя, 2006. - С. 50.