

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломної роботи

_____ .
магістр
(освітнього рівня)

на тему: Розроблення вузла нагнітання формувальної машини Б4-58 з дослідженням
технологічних параметрів процесу

Виконав: студент VI курсу, групи МОм-61
спеціальності

133 "Галузеве машинобудування"
_____ .
(шифр і назва спеціальності)

_____ .
Кикина І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ .
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль - 2019 року

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.

"02" вересня 2019 року

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

Кикині Івану Михайловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи ***Розроблення вузла нагнітання формувальної машини Б4-58 з дослідженням технологічних параметрів процесу.***

керівник роботи **д.т.н., проф. Стадник Ігор Ярославович.**

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від "29" серпня 2019 року №4/7-741

2. Строк подання студентом роботи "16" грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту формувальної машини Б4-58. Річний план випуску продукції.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналіз сучасного стану роботи тістоподільно-закаточних машин і обґрунтування основного напрямку дослідження. 2. Розроблення технологічних і конструктивних рішень процесу нагнітання тіста валками. 3. Фізичне моделювання поведінки тіста при дії валків в процесі нагнітання. 4. Обґрунтування запропонованого математичного підходу до визначення впливу конструктивних елементів машини на течію тіста 5. Спеціальна частина. 6. Обґрунтування економічної ефективності. 7. Заходи з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях. 8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.

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

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____
6. _____
7. _____
8. _____
9. _____

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання “02” вересня 2019 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Вступ. 1. Аналіз сучасного стану роботи тістоподільно-закаточних машин і обґрунтування основного напрямку дослідження.</i>	<i>12.09.2019р.</i>	
2.	<i>2. Розроблення технологічних і конструктивних рішень процесу нагнітання тіста валками</i>	<i>17. 09.2019р.</i>	
3.	<i>3. Фізичне моделювання поведінки тіста при дії валків в процесі нагнітання</i>	<i>18. 09.2019р.</i>	
4.	<i>4. Обґрунтування запропонованого математичного підходу до визначення впливу конструктивних елементів машини на течію тіста.</i>	<i>19.10.2019р.</i>	
5.	<i>5. Спеціальна частина.</i>	<i>02.11.2019р.</i>	
6.	<i>6. Обґрунтування економічної ефективності.</i>	<i>13.11.2019р.</i>	
7.	<i>7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.</i>	<i>14.11.2019р.</i>	
8.	<i>8. Екологія. Загальні висновки. Перелік посилань. Додатки.</i>	<i>15.11.2019р.</i>	
9.	<i>Графічна частина</i>		
	<i>1.</i>	<i>03. 12.2019р.</i>	
	<i>2.</i>	<i>03. 12.2019р.</i>	
	<i>3.</i>	<i>03. 12.2019р.</i>	
	<i>4.</i>	<i>03. 12.2019р.</i>	
	<i>5.</i>	<i>03. 12.2019р.</i>	
	<i>6.</i>	<i>03. 12.2019р.</i>	
	<i>7.</i>	<i>11. 12.2019р.</i>	
	<i>8.</i>	<i>11. 12.2019р.</i>	
	<i>9.</i>	<i>11. 12.2019р.</i>	
	<i>10.</i>	<i>12. 12.2019р.</i>	
	<i>11.</i>	<i>12. 12.2019р.</i>	

Студент

Кикина І. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Стадник І.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Автор: Кикина Іван Михайлович студент групи МО_М-61 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Тема дипломної роботи: *Розроблення вузла нагнітання формувальної машини Б4-58 з дослідженням технологічних параметрів процесу*

Розрахунково-пояснювальна записка дипломної роботи складається із вступу, шести розділів, висновків, переліку посилань і специфікації. Загальним об'ємом сторінок друкованого тексту, вміщує рисунків.

У вступі обгруновані основні напрямки розвитку хлібопекарської та кондитерської промисловості.

У загально-технічній частині проаналізовано вихідну інформацію щодо формувальних машини, що адаптовані для сучасного швидкісного методу формування, розкачування тіста. Відзначено, що при використанні старих пазових валків, мають ряд суттєвих недоліків і не відповідають сучасним вимогам. Насамперед тому, що в подільно-закаточній машині Б4-58 частково збалансована дія робочих і гальмівних елементів (дискретність дії, зазор), відсутнє регулювання режиму нагнітання тіста та інше.

Проаналізовані основні технологічні процеси, сформульована мета і задачі дипломної роботи.

У другому розділі курсової роботи розкрито фізичне моделювання подільно-закаточної машини Б4-58, проведено аналіз реологічних впливів на тісто. У конструкторській частині проведені основні конструкторські розрахунки нагнітального вузла.

Третій й четвертий розділи розкривають математичне моделювання та моделювання регресійним рівнянням визначення впливу факторів на процес нагнітання. Графічна частина представлена аркушами формату А1 на яких приведено загальний вигляд машини, план розміщення в цеху, кінематичну схему, дослідні дані-математичне моделювання і графіки.

Зміст

Анотація.....	
Вступ.....	
1. Аналіз сучасного стану роботи тістоподільно-закаточних машин і обґрунтування основного напрямку дослідження.....	
1.1. Поділ та формування тіста при дії валків.....	
1.1.1. Реологічні властивості середовища, що визначають вимоги до конструкцій робочих органів при формуванні.....	
1.2. Область застосування машин з валковими робочими органами.....	
1.3. Призначення та функціональні ознаки подільно-закаточних машин з валками.....	
1.3.1. Тістоподільні машини з валковим нагнітачем.	
1.3.2. Обґрунтування параметрів в робочих камерах валкових машин.....	
1.3.3. Універсальна подільно-закаточна машина для бубличних виробів Б4-58.....	
1.4. Техніко-економічне обґрунтування	
2. Розроблення технологічних і конструктивних рішень процесу нагнітання тіста валками.....	
2.1. Проектно - технологічні розрахунки лінії виробництва бубликів розрахунки з реконструкції лінії по виробництву бубликів	
2.2. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва бубликів, її опис	
2.2.1. Вибір технологічного обладнання лінії виготовлення бубликів.....	
2.2.2. Технічна характеристика лінії	
2.2.3. Число працюючих за категоріями.....	
2.2.4. Розробка плану розміщення технологічного обладнання	
2.2.5. Потреба цеху в палив.....	
2.3. Структурно-кінематичний аналіз.....	
2.3.1. Аналіз структури формувальної машини Б4-58.....	
2.4. Конструктивний розрахунок вузла нагнітання.....	
2.4.1. Конструювання храпових механізмів.....	
2.5. Кінематичні розрахунки.....	

2.6. Обґрунтування і вибір конструкційних матеріалів.....	
3. Фізичне моделювання поведінки тіста при дії валків в процесі нагнітання	
3.1. Підходи до досліджень впливу валків на тісто	
3.1.1. Об'єкти фізичних досліджень і математичного моделювання процесу нагнітання.....	
3.2. Призначення та функціональні ознаки валкових машин.....	
3.2.1. Обґрунтування параметрів в робочих камерах валкових машин.....	
3.3. Зміна густини тіста при його стискуванні.....	
3.4. Обґрунтування робочих параметрів, що відбуваються у вузлі нагнітання	
3.4.1. Дослідження процесу нагнітання тіста валками у камеру стиснення.....	
3.5. Методика визначення точності роботи машини на основі статистичного моделювання.....	
3.5.1. Методика проведення досліджень визначення температури в тісті	
4. Обґрунтування запропонованого математичного підходу до визначення впливу конструктивних елементів машини на течію тіста.....	
4.1. Енергетичний підхід до процесу дії валків на тісто.....	
4.2. Моделювання роботи вузла нагнітання	
4.3. Моделювання процесу течії тіста між валками.....	
4.4. Математично-статистичне моделювання дії валків на тісто.....	
4.5. Реологічна властивості тіста після нагнітання валками	
4.5.1. Визначення параметрів напружено-деформованого стану тіста методом математичного моделювання.....	
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	
5.1. Використання прикладного програмного забезпечення для вирішення задач дипломної роботи.....	
5.2. Програма статистичного моделювання аналітичної залежності ефективності від конструктивних розмірів і режимів роботи машини.....	
5.3. Методики оформлення графічної частини засобами AUTOCAD.....	
6. Обґрунтування економічної ефективності.....	
6.1. Організація реконструкції кондитерського цеху.....	
6.2 Економічна частина.....	

7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	
7.1. Охорона праці.....	
7.1.1. Аналіз виробничого травматизму.....	
7.1.2. Заходи щодо техніки безпеки і промислової санітарії.....	
7.2. Розроблення заходів захисту працівників харчової та переробної промисловості	
7.2.1. Основні принципи та способи захисту працівників на робочому місці, території.....	
7.2.2. Укриття людей в захисних спорудах.....	
7.2.3. Евакуаційні заходи.....	
7.2.4. Радіаційний і хімічний захист.....	
Екологія.....	
Висновки	
Перелік посилань.....	
Додатки.....	

Вступ

У хлібопекарській, макаронній і кондитерській промисловості на етапах технологічного процесу формування бубликів, сушки, пряників широко застосовуються машини із валковими робочими органами. Процес розділення і формування може здійснюватися з різною деформацією на тісто, частотою впливу робочого органа і тривалістю в залежності від конструкції вузла і властивостей оброблюваних компонентів. Інтенсифікація робочих процесів у вузлі нагнітання сприяє значному їх скороченню і підвищенню якості готових бубликових виробів.

Саме валкові робочі органи використовуються для нагнітання, розкачування тіста та дозування напівфабрикатів. Безсумнівно, конструктивне оформлення даних машин має неабияке значення з погляду якісного формування структури в'язкого середовища (тіста). Мікробіологічні процеси, що протікають в напівфабрикатах мають потенційні можливості для контролю та регулювання.

Проведена в останні роки реконструкція цих машин була спрямована на удосконалення їх компоновки і часткової зміни кінематики. Одночасно винахідники спрямовували пошук на підвищення надійності і довговічності. При розрахунку даних машин основні труднощі виникають із-за дискретності процесу та непостійності швидкості переміщення тіста, а відповідно і зсувних деформацій. Крім цього, одночасно впливають невеликі довжини завантажувального бункера і конфігурація робочих камер, в яких відбувається течія тіста

Позначення

M_m - потужність підприємства, т/год

$\Phi_{d.o}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год

ДРФ- дійсний річний фонд

МАС- машино-апаратна схема

t_{um} – норма штучного часу обробки на даній операції, хв;

τ – такт роботи лінії.

$M_{m\delta}$ – добова продуктивність лінії, т/добу;

M_{δ} – паспортна продуктивність обладнання, т/год;

k – коефіцієнт рівний 7...9, що залежить від виду обладнання.

τ_p - тривалість змін в добу;

τ_n - кількість годин простою обладнання в зміни.

B_{np} – кількість одиниць обладнання в цеху;

Φ_{op} – дійсний річний фонд часу роботи працівників;

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

K_z – коефіцієнт завантаження обладнання;

$K_{\delta az}$ – коефіцієнт багатостатного обслуговування ТП-технологічну продуктивність
ТОЛ- технологічне обладнання лінії

k – теплотворна здатність умовного палива ккал/кг;

η – ккд теплових установок рівний 0,75.

q_m – питома теплота пароутворення рівна 25...35 ккал×год/м³;

H – кількість годин роботи цеху в опалювальний сезон рівна 4320 год/рік;

V – об'єм приміщення цеху, м³.

N – потужність в Вт.

Об'єм стабілізації тиску V_2

x —середньоарифметичне відхилення маси:

$$x = \frac{m}{n} \sum \Delta g$$

$$\Delta g = g_i - g_0$$

тут $g_i - g_0$ — маса заготовки, що вимірюється (поточна), та нормальна, або "нульова", г:

$$g_0 = (100 + Y_1 + Y_2) \frac{G}{100}$$

Y_1 — фактичне упікання, %; Y_2 — усихання, %; G — маса готового охолодженого виробу, г.

Похибка визначення маси виробів за виборкою є приблизною і характеризується граничною помилкою виборки

$$\Delta = \frac{t\sigma}{\sqrt{n}}$$

та середньою помилкою виборки

$$\mu = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

пов'язаною із залежністю $\Delta = t\mu$, де t — нормоване відхилення.

Якщо розподіл похибок близький до нормального закону розподілу, що було експериментально підтверджено, то t може визначатися за допомогою інтегралу ймовірності

$$\Phi(t) = 389 e^{-0.5 t^2}$$

Задаючись ймовірністю $\Phi(t) = 0,997$, за спеціальною таблицею знаходимо відповідне їй значення нормованого відхилення $t = 3$. Це означає, що гранична помилка виборки не повинна перевищувати $\Delta = 3\mu$. На підставі отриманих величин визначимо мінімальне значення виборки за рівнянням:

$$n = \frac{t^2 \sigma^2}{\Delta^2}$$

РР2П- Регресійне рівняння другого порядку

ОФР- Основні фактори і рівняння їх варіювання

1. Аналіз сучасного стану роботи тістоподільно-закаточних машин і обґрунтування основного напрямку дослідження

1.1. Поділ та формування тіста при дії валків

Одними з важливих стратегічних напрямків, що сприятиме розвитку України, стабілізації виробництва й подальшому нарощуванню його обсягів, а також інтеграції країни в світовий ринок, є забезпечення прискореного ефективного розвитку харчової промисловості. Впровадження нових технологій при використанні робочих органів різної конструкції в значній мірі залежить від ефективності їх впливу на в'язке середовище (тісто). При переробці в'язко-пластичних мас широко використовуються машини із валковими робочими органами. Найбільш часто валкові робочі органи використовуються в розкачувальних, тістоподільних та подільно-закаточних машинах; штампмашинах ФПЛ-1, А2-ШФЗ; формувальних машинах для бубликів Б-4-58 і печива; тістозакаточних машинах Т1-ХТ2-3, С-500М.

При виробництві кондитерських виробів із борошна (бублики, сушка та ін.) після замісу тісто подається на попередній процес бродіння, який триває до 40...60хв. В бункер над формувальною машиною виброджене тісто завантажується після попереднього механічного впливу – розкачування. Після цього воно йде на обробку – формування виробу.

Саме валкові робочі органи використовуються для нагнітання, розкачування тіста та дозування напівфабрикатів. Безсумнівно, конструктивне оформлення даних машин має неабияке значення з погляду якісного формування структури в'язкого середовища (тіста). Мікробіологічні процеси, що протікають в напівфабрикатах мають потенційні можливості для контролю та регулювання. В свою чергу, це визначає можливість і доцільність розробки заходів по регулюванню біотехнологічних процесів у борошняних напівфабрикатах – процесів структуроутворення, гідратації, пептизації, бродіння. Безсумнівно, конструктивне оформлення валкових робочих органів та їх параметри мають неабияке значення з погляду механічних впливів. Вони своєю дією створюють та визначають вплив на середовище, що відповідно встановлює кінцевий результат процесу.

Найбільш ефективними робочими органами, що не активно впливають на структурно-хімічні властивості напівфабрикатів є валкові робочі органи. Крім того,

вони якісно транспортують, розкачують та направляють оброблювальне середовище. Тому процеси, що відбуваються в робочих камерах вище згаданих машин, мають специфіку: вони здійснюються циклічно за порівняно короткий час, що обчислюється секундами. Складність процесів поділу та формування борошняного тіста зумовлена його властивостями: липкістю, пружністю та пластичністю. Основна відмінність тіста зумовлена капілярно-пористою структурою, в порах якого утримується достатня кількість газоподібних продуктів бродіння. Тому при дії валків на тісто, воно втрачає значну частину газу, зменшується в об'ємі та ущільнюється.

При аналізі механічних дій враховуються лише ті процеси, які за час робочого циклу валків істотно впливають на властивості тіста або сам процес. Короткочасний вплив тиску з механічним перемішуванням, переміщенням (течією) тіста в робочій камері істотно впливають на структуру, фізико-механічні властивості тіста та характер наступних технологічних операцій. Вони є визначальними факторами при виборі параметрів даних машин. Прикладом цього є точність нагнітання тіста при діленні його на заготовки з використанням валкових робочих органів. Допустиме відхилення, що встановлено по зважуванні 10шт. виробів, від стандартної маси для виробів, що вистигли – 2.5%. Необхідно, при виготовленні дрібно – штучних виробів, щоб машини даного класу працювали з точністю 1.5...2%, а при виробництві виробів по масі – в межах 5...6% [10].

Проведена в останні роки реконструкція цих машин була спрямована на удосконалення їх компоновки і часткової зміни кінематики. Одночасно винахідники спрямовували пошук на підвищення надійності і довговічності. При розрахунку даних машин основні труднощі виникають із-за дискретності процесу та непостійності швидкості переміщення тіста, а відповідно і зсувних деформацій. Крім цього, одночасно впливають невеликі довжини завантажувального бункера і конфігурація робочих камер, в яких відбувається течія тіста.

1.1.1. Реологічні властивості середовища, що визначають вимоги до конструкцій робочих органів при формуванні

Вимірювання реологічних параметрів утвореного тіста на різних стадіях процесу обробки (нагнітання, розділення, формування, розкачування) дає змогу

керувати технологічними показниками, здійснювати розрахунок режимних та експлуатаційних характеристик обладнання [1]. Для додержання основних закономірностей керування процесу взаємодії валка з тістом необхідно їх спрямувати на:

- інженерний розрахунок вузла нагнітання з валковими робочими органами;
- визначення функціональних можливостей тіста під час нагнітання;
- контроль якості напівфабрикату та якості готової продукції;
- оцінку структури тіста з кореляцією його якісних показників;
- аналіз реологічних рівнянь стану або фундаментальних рівнянь.

Отже, при аналізі технологічних процесів у вузлу нагнітання формувальної машини, що містять достатню кількість включень дисперсного середовища, всі явища можуть бути розглянуті з точки зору фізико-механічних властивостей, що визначають швидкість його протікання на молекулярному рівні і в локальному об'ємі робочої камери машини. Тому вивчення явищ на окремих її стадіях нагнітання, визначається в основному гідродинамічною структурою потоків. В даному випадку, основу моделювання процесів дії обертових валків на середовище складають математичні описи структури потоків за допомогою типових гідродинамічних моделей [1,2,3,4]. До них належать: модель ідеального перемішування, модель ідеального витіснення, однопараметричні і двохпараметричні дифузійні моделі та осередкова модель.

Серйозні дослідження течії неньютонівських рідин на поверхнях із кривизною, що змінюється уздовж твірної, практично відсутні. Адже сьогодні такі поверхні все частіше зустрічаються в машинах і технологічних процесах переробної, фармацевтичної, харчової та інших галузях промисловості.

Предметом реологічних досліджень є визначення різних видів деформації в залежності від напружень, що їх супроводжують [1,7]. Для пояснення фізичної суті напруження та деформації, розглядають тіло у формі куба зі стороною, рівною одиниці, та його реакцію на дію зовнішньої сили. В цих умовах внутрішня сила, яка діє на одиницю площі, називається напруженням. В будь-якому матеріалі, що заповнює визначений об'єм, існує два типи напружень: нормальне напруження σ , яке

діє перпендикулярно сторонам куба та дотичне напруження τ , що діє тангенційно до його сторін [13,8].

Серед різних видів деформації – зсуву, розтягу, стиску, згину, кручення, крім зовнішніх змін форми, супроводжуються змінами внутрішнього розташування часточок тіла шляхом простих деформацій зсуву [5]. Оскільки середовища (борошняне тісто, кондитерські, фармацевтичні суміші та ін.) мають високу пластичність, його механічні властивості описують деформаціями зсуву при дії дотичних напружень.

На процес переміщення тіста валками суттєво впливають параметри, такі як в'язкість та величина індексу течії n в рівнянні руху, що описує поведінку неньютонівської псевдопластичної рідини. На сьогодні ще недостатньо повно досліджена зміна реологічних та гідродинамічних характеристик тіста під час деформацій, так як визначити швидкості деформації зсуву одночасно в кожній точці робочої камери неможливо. Параметр n , який характеризує ступінь неньютонівської поведінки матеріалу, важливий для розуміння та точного опису процесів, що відбуваються при русі тіста. Механічний вплив на тісто може відбуватися в широкому діапазоні швидкостей деформації. Це неминуче впливає на реологічні властивості тіста, і обмеження значення параметру не дає повної картини поведінки тіста під час його обробки. Тому актуальним стає питання про його уточнення.

В'язкість неньютонівських рідин та індекс течії n залежать від швидкості деформації зсуву [13]. Тому є доцільним визначити взаємні залежності названих параметрів для отримання даних про виникнення течії в

У процесі нагнітання дріжджового тіста відбувається його деформація, яка супроводжується структурними перетвореннями:

1. Зміна форми тіста або деформації після зняття зовнішніх зусиль валків можуть бути зворотними (пружними) або залишковими (пластичними). Зворотні деформації в залежності від швидкості поведінки тіста ділять на умовно-миттєво пружні, що розвиваються в часі – тимчасові, або високо еластичні. У перших тривалість поведінки визначається долями секунди, у других вони можуть обчислюватися цілими секундами в межах 1...3 і більш десяткових порядків [5,8].

2. Еластичні деформації тіста можуть мати значні розміри, що у багато разів перевищують величини миттєво-пружних деформацій. Текучість тіста пропорційна коефіцієнту внутрішнього тертя їх частинок, або в'язкості [3,5].

3. Границя текучості характеризує міцність структури тіста. В тісті границя текучості відповідає напруженню, при якому різко падає значення ефективної в'язкості [6]. Найбільш близька до механічних властивостей тіста модель, де присутні елементи Максвелла і Кельвіна, що з'єднані паралельно і описують пружньо-в'язкі властивості, а елемент Сен-Венана – пластичні властивості.

4. Тісто володіє певним опором по відношенню до відшарування від поверхні робочої камери і робочих органів. Такий шар моделюється як тіло Бінгама, реологічна форма якого має вигляд $B = H - (N | Stv)$. Наявність в даній моделі тіла Сен-Венана (Stv) дозволяє відобразити здатність даного шару тіста опиратися рухові (сколювання) або міцність (адгезії) з основною частиною тіста. В термінах напружень і деформації для тіла Бінгама маємо:

$$\sigma = 2\mu\epsilon, \text{ якщо } |\sigma| < |v|$$

$$\sigma = 2\eta\dot{\epsilon} + v, \text{ якщо } |\sigma| \geq |v|, \text{ де } v - \text{ характеристика зчеплення (адгезії).}$$

5. Вияв тістом пружних або в'язких властивостей залежить тільки від співвідношення між часом дії навантаження і часом релаксації напружень. Встановлено [4,6], коли час дії навантаження значно менше часу релаксації, то тісто поводить себе ідеально пружно. І навпаки, якщо час навантаження значно більший за час релаксації, то воно проявляє властивості в'язкої рідини. На основі отриманих значень в'язкості і модулів пружності та еластичності можна визначити:

а) максвеллову константу часу релаксації: $t_1 = \eta_0/E$;

б) час пружної післядії: $t_2 = \eta_2/E$.

Таким чином, механічна модель дозволяє коректно поставити завдання математичного моделювання процесу нагнітання тіста валками на стадії течії і отримати в підсумку адекватні результати

1.2. Область застосування машин з валковими робочими органами

Валкові машини являють собою одну з найбільш численних груп устаткування харчових та фармацевтичних підприємств, що відрізняються досить складною

конструкцією і різноманітністю принципів схем. Розглядаючи схеми машин та використовуючи розроблені математичні залежності, можна зробити порівняльний аналіз і висновки щодо переваг, а також недоліків тієї чи іншої машини. Для полегшення аналізу робочих процесів, запропоновано класифікацію машин (рис.11).



Рис.1.1. Схема класифікації валкових машин

Конфігурація валкових робочих органів, частота їх обертання впливають на вид і рівень механічних деформацій тіста та його оптимальну величину. Цього можна досягнути підбором відповідної конструкції і числа робочих органів, збільшенням числа їх робочих циклів (обертів або інших переміщень) за одиницю часу, або з урахуванням обох чинників.

Для нагнітання пшеничного тіста діаметр валків необхідно приймати рівним 100...250мм, оптимальний зазор між валками 10...12мм. Для нагнітання житнього тіста вологістю 50...53% діаметр валків повинен бути не менше 220мм. Колова швидкість валків не повинна перевищувати 0,7м/с, поверхня валків бажано щоб була рифлена.

Потужність для приводу нагнітальних валків [8,12]:

$$N_1 = M\omega, \quad (1.1)$$

де ω –кутова швидкість валків, рад/с; M –результуючий момент на привідному валу валкового нагнітача:

$$M = pR^2l(\alpha + 2\beta)tg\varphi, \quad (1.2)$$

де p –робочий тиск, Па; R –радіус валка, м; l –довжина валка, м; α, β – кути живлення і нагнітання, рад; φ – кут тертятіста об валок (для пшеничного тіста залежно від рецептури і вологості $\varphi = 25...30^\circ$; $tg\varphi$ змінюється від 0,47 до 0,57).

Однією з основних умов формувальних машин є ефективність методів боротьби з прилипанням і розмазуванням тістових заготовок по робочих органах. При виході із зазору валків у формувальних машинах заготовка відчуває ефект еластичного відновлення, що виникає від дії внутрішніх напружень. Величину еластичного відновлення Ю.К. Берман [4] визначив з урахуванням реологічних властивостей напівфабрикату і конструктивних параметрів тістозакаточних машин:

$$\frac{D}{2h_i} = \lambda\gamma' = \frac{\eta_0}{G} \frac{V_H + V_\Phi}{2h_i}, \quad (1.3)$$

де D – діаметр заготовки після еластичного відновлення, м; h_i – зазор між несучим і формувальним органами, м; λ – період релаксації, с; γ' – швидкість зсуву, c^{-1} ; η_0 – в'язкість тіста, Па*с; G – модуль пружності зсуву, Па; V_H, V_Φ – швидкості несучого і формуючого органів закаточної машини, м/с.

У розрахунках можна приймати $\eta_0 = 0,12 \cdot 10^5$ Па с; $G = 4,45 \cdot 10^5$ Па. Потужність, необхідна для приводу валків вузла нагнітання визначається за рівнянням (1.4), де M – крутний момент на валиках [18]:

$$M = P \left(D \sin \frac{\beta}{2} + d_0 \mu \right), \quad (1.4)$$

де P – розпірне зусилля ($P = F p_{cp}$, тут F – вертикальна проекція поверхні контакту заготовки з валиком; p_{cp} – середній тиск тістової заготовки на валок; за даними Н.В. Зайцевої $p_{cp} = 12...40$ кПа); D – діаметр валика, м; β – кут захоплення тістової заготовки; d_0 – діаметр цапфи валика, м; μ – приведений коефіцієнт тертя в підшипниках.

1.3. Призначення та функціональні ознаки подільно-закаточних машин з валками

Робота машин з валковими робочими органами спрямована забезпечити розкачування, формування, нагнітання тіста на заготовки з точністю $1 \div 2$ % з урахуванням його властивостей. Конструктивно формувальні та тістоподільні машини з валками є складнішими порівняно з іншим обладнанням, за рахунок їхньої досить складної кінематики.

За робочий цикл в машині з валковими робочими органами здійснюються такі операції:

- заповнення робочої камери тістом;
- стиснення його до робочого тиску;
- переміщення по робочій камері;
- заповнення мірної камери (в тістоподільних);
- стабілізування тиску;
- випресовування відміреної заготовки;
- повернення надлишку тіста в робочу камеру.

В залежності від конструктивних особливостей формувальних, тісто подільних машин, вказані вище операції можуть поєднуватися, змінюватися в послідовності або зовсім вилучатись. Дані операції визначають робочий процес в якому основними функціональними вузлами машини є: нагнітальний вузол тіста та подільний пристрій. Тісто під тиском заповнює простір між валками, а залишки тіста, після розкачування, повертаються в робочу камеру.

На сьогоднішній день не існує класифікацій валкових машин. Тому їх можна розбити на дві групи: з фіксованим і нефіксованим ритмом роботи. У машинах з фіксованим ритмом привід всіх робочих органів здійснюється від жорсткої кінематичної схеми з певною періодичністю. У машин з нефіксованим ритмом роботи механізм, що відокремлює шматок від загальної маси, не пов'язаний із загальним приводом машини і включається в дію від імпульсу, одержуваного при заповненні тістом всього об'єму мірної кишені або при досягненні шматком тіста заданої довжини. Незважаючи на те, що в цих машинах всі операції процесу відбуваються в певній послідовності, загальний період їх циклу роботи не постійний і залежить від подачі тіста. Машини з нефіксованим ритмом роботи відрізняються підвищеною точністю, але мають більш складну конструкцію. Найбільш важливими функціональними елементами машини є валкові робочі органи, робоча камера і ділильний пристрій.

В залежності від способів дії на тісто, валки в машинах розміщуються горизонтально, паралельно один до одного (нагнітання), вертикально один над одним (розкачування), в комбінованій взаємодії (транспортування). Таке розміщення валків

забезпечує постійність тиску в робочій камері машини в момент відмірювання дози тіста або його розкачування. Відомі також машини (одновалкові), що здійснюють замішування горизонтальним робочим органом з насічками [16]. Такі машини застосовуються в основному на мініпекарнях.

Величина буферної місткості (бункер) визначає стабілізаційний вплив на процеси. Бункер є частиною робочої камери, що постійно залишається заповненим тістом після закінчення робочого циклу.

До конструкцій формувальних машин ставляться такі вимоги:

- можливість регулювання маси відміряного шматка тіста у заданих межах в залежності від сорту, складу і консистенції тіста;
- постійна швидкість випресовування розкатаного джгута;
- постійна щільність течії тіста при дії валків для забезпечення точності розкачування і випресовування до формувальної головки.

1.3.1. Тістоподільні машини з валковим нагнітачем.

Призначені для поділу пшеничного тіста при виробленні масових сортів хліба та дрібноштучних виробів.

Нагнітання тіста виконується однією або двома парами валків, що обертаються назустріч один одному з постійною швидкістю. У цих машинах стабілізатори тиску, як правило, не використовуються. Мірні кишені можуть бути розташовані по периметру ділильного барабану або за його твірною.

Тістоподільник РТ-2 з валковим нагнітачем (рис. 8.27) призначений для виготовлення батоноподібних виробів.

Машина (рис. 1.2а) складається з каркаса 2 з приводом 7, станини 3, приводного валу 4, приймального бункера 5 з двома нагнітальними валками, подільного барабана 6, механізму регулювання маси шматка тіста і його виштовхування 7, скидаючого валика 8 і розвантажувального стрічкового конвеєра 9. До основи 2 зверху приварена несуча плита для кріплення станини, всередині якої знаходиться редуктор і електродвигун на рухомій регулюючій плиті. Усередині станини 3 з двох стійок на двох радіально-упорних підшипниках встановлено привідний вал 4. Приймальний бункер складається з тістової камери з однією парою нагнітальних валків і перехідного

патрубка. Ділильний барабан 6 має чотири радіально розташовані мірні кишені діаметром 125 мм, усередині яких переміщуються поршні. Кожен поршень має пальці і ролики. Для обмеження ходу і запобігання повороту на поршні прорізаний паз, в який входить спеціальний болт. До фланця барабана кріпиться зубчасте колесо, що приводить барабан в рух від привідного валу.

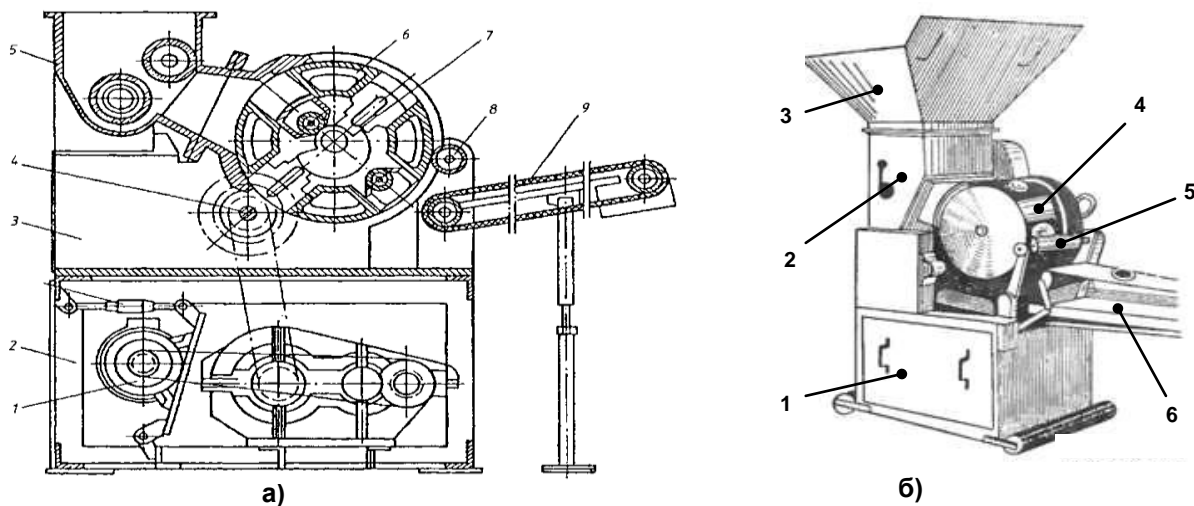


Рисунок. 1.2. Тістоподільна машина РТ-2 з валковим нагнітачем:

а) принципова схема; б) загальний вигляд: 1- люк для доступу до приводу машини, 2- приймальний бункер з нагнітаючими валками, 3- завантажувальний бункер, 4- подільний барабан з чотирма мірними кишенями, 5- скидаючий валик, 6- відвідний стрічковий конвеєр.

Механізм регулювання маси і виштовхування шматків тіста 7 складається з кулака виштовхування, закріпленого на центральному пустотілому валу з фланцем. Один кінець якого розташований в підшипнику кочення, а другий закріплений на кришці кулака регулювання маси шматків тіста і механізму повороту кулака регулювання.

Привід 1 машини здійснюється від електродвигуна через варіаторний шків клиновими пасами на редуктор, і потім за допомогою ланцюгових передач - на привідний вал 4. Всі робочі органи подільника (нагнітальні валки, подільний барабан 6, привідний барабан стрічкового конвеєра 9, скидаючий валик 8) також приводяться в рух від привідного валу 4.

Тісто надходить самопливом з бункера, розташованого над тістоподільником, в приймальний бункер, звідки нагнітальними валками подається в тістову камеру. При

суміщенні мірних кишень подільного барабана з отвором перехідного патрубка тісто заповнює кишеню. Під тиском тіста поршні віджимаються до центру подільного барабана, поки не зустрінуться роликami з кулачком регулювання маси. При подальшому обертанні барабана ролики поршнів обкатуються за профілем кулачка. У цей період тісто ущільнюється до тих пір, поки отвір мірної кишені не вийде з-під козирка перехідного патрубка. При подальшому обертанні барабана ролики поршня переходять на профіль кулачка виштовхування тістових заготовок. Поршні пересуваються до зовнішньої поверхні подільного барабана і виштовхують відміряну тістову заготовку з мірної кишені на рифлений валик, з якого тістова заготовка скидається на транспортерну стрічку розвантажувального конвеєра.

Тістоподільна машина РЗ-ХДП з валковим нагнітачем (рис. 1.3) призначена для вироблення дрібноштучних тістових заготовок з борошна вищого сорту. У корпусі 17 (рис. 1.3,б) розташовані рифлені валки 9 і ділильна головка 15. Подільник має також відрізний валик 2 і стрічковий конвеєр 1. Машина працює таким чином. Тісто з приймального бункера 8 рифленими валками 9, що обертаються назустріч один одному, подається в камеру 13, звідки воно нагнітається в мірні кишені головки 15, яка обертається. Під тиском тіста поршень 16 переміщається до центру ділильної головки, при цьому поршень 20 виштовхує відміряну тістову заготовку з мірної кишені. Заготовка відрізним валиком 2 відривається від поршня 20 і потрапляє на стрічковий конвеєр 1. Об'єм мірних кишень можна регулювати, змінюючи відстань між поршнями 16 і 20. Для цього до поршня 16 приварені гвинти 17 і 6, що мають відповідно ліву і праву різьбу, а до поршня 20 приварені гвинти 19 і 3, що мають відповідно різьбу праву і ліву. Верхня частина гайки-шестірні 4 має внутрішню ліву різьбу, а нижня частина- внутрішню праву. Верхня частина гайки-шестірні 18 має внутрішню праву різьбу, а нижня частина- внутрішню ліву. На зовнішній поверхні гайок-шестерень 18 і 4 розташовані поздовжні пази. У ці пази входять витки черв'яка

Технічні характеристики тістоподільника РТ-2 наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики тістоподільника РТ-2

1	Продуктивність, шт/хв	36 – 43
2	Маса шматків, кг	0,4 – 1,0
3	Похибка поділу, %	± 1,5
4	Діаметр ділильного барабану, мм	500
5	Частота обертання подільного барабану, об/хв	9
6	Діаметр кишені, мм	128
7	Кількість мірних кишень, шт.	4
8	Потужність електродвигуна, кВт	1,5
9	габаритні розміри, Д x Ш x В, мм	1040 x 687 x 1393
10	Маса, кг	800

5, які мають праву навивку. При його обертанні проти годинникової стрілки поршні 16 і 20 розходяться, при цьому зменшується ємкість мірних кишень подільної головки 15. При обертанні черв'яка за годинниковою стрілкою поршні 16 і 20 сходяться, що збільшує ємність мірних кишень. Таким чином, зміна об'єму кишень веде до зміни маси шматка тіста. При роботі машини в кишені 13 утворюється область високого тиску. При зменшенні маси тістових заготовок тиск у камері може значно збільшуватися. Щоб уникнути цього, на корпус кишені встановлюється перепускний канал 11, що має вікна 10 і 12. Через вікно 12 тісто надходить з камери 13 в канал 11, з якого через вікно перетікає в воронку 8. Кількість перетікаючого тіста можна регулювати подпружиненою заслінкою.

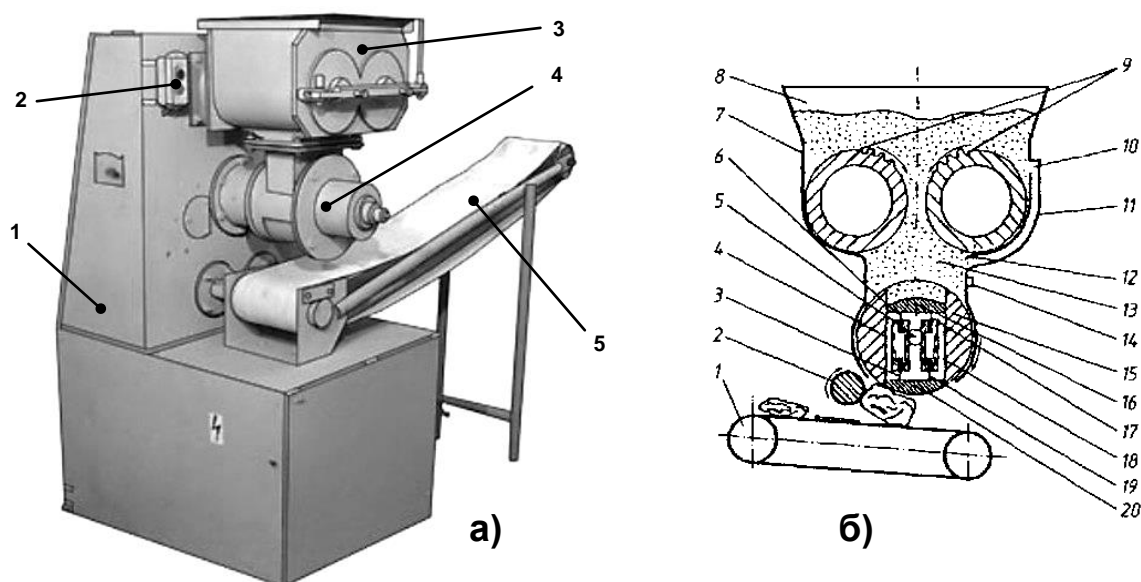


Рис. 1.3. Тістоподільна машина РЗ-ХДП з валковим нагнітачем: а) загальний вигляд: 1- корпус, 2- пульт керування, 3- приймальний бункер, 4- подільна головка, 5- відвідний стрічковий конвеєр. б) принципова схема.

Технічні характеристики тістоподільника РЗ-ХДП наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Технічні характеристики тістоподільника РЗ-ХДП

1	Продуктивність, шт/хв	40 – 46
2	Маса шматків, кг	0,01 – 0,34
3	Похибка поділу, %	± 1,0
7	Кількість мірних кишень, шт.	2
8	Потужність електродвигуна, кВт	2,2
9	габаритні розміри, Д х Ш х В, мм	780 х 620 х 1290
10	Маса, кг	530

Основними недоліками валкових нагнітачів є незручність регулювання зміни подачі тіста, а також відсутність стабілізатора тиску в робочій камері подільника. Однак подільники з валковим нагнітанням мають і суттєві переваги: простота конструкції, надійність в роботі і бережний вплив на структуру тіста.

1.3.2. Обґрунтування параметрів в робочих камерах валкових машин

При дії валків на виброджене борошняне кондитерське та прісне (макаронне) тісто відбуваються різні процеси. Тому таке тісто втрачає значну частину газів, зменшується в об'ємі, ущільнюється, за рахунок стискування до 0,5 МПа і більше [6,8].

Процеси, що відбуваються в робочій камері формувальної машини здійснюються циклічно за порівняно короткий термін. Тому при аналізі процесу потрібно враховувати лише ті, які за час робочого циклу впливають на властивості тіста або сам процес. Короткочасний вплив тиску та механічного переміщення істотно впливають на структуру, фізико-механічні властивості тіста та їх характер при наступних етапах технологічного процесу виробництва продукції.

При дії тиску на зброжене тісто в ньому зменшується об'єм газової фази та проходить поглинання частини газу тістом. При одночасній механічній деформації газові бульбашки поділяються на менші, що сприяє утворенню рівномірної мікропористої структури та видаленню великих бульбашок. Така структура спроможна краще утримувати газове середовище на наступних етапах технологічного процесу.

При стисненні тіста в закритому об'ємі воно виявляє властивості пружності за рахунок, в основному, газової фази та частково – пружного білкового скелету [4,5]. З підвищенням тиску при стисненні відбувається часткове поглинання та розчинення мікрочасточек газів, тобто зменшення газової фази, яка в основному визначає стиснутість тіста. Тому при збільшенні тиску понад 0,5 МПа стиснутість тіста різко знижується, а далі воно поводить себе як тверде тіло.

Розрахунок процесу стиснення тіста в робочій камері валкової машини визначається рівнянням стану зброженого тіста. Рівняння виражає функціональний зв'язок між питомим об'ємом та тиском, що прикладається до тіста, яке знаходиться в замкненому просторі при постійній температурі. Отримати таке рівняння аналітичним шляхом, як це робиться в термодинаміці для газових сумішей, неможливо, оскільки тісто, яке надходить, має не однофазну, а багатофазну композицію.

Із літературних джерел відомо [18,27,28,29], що із збільшенням робочого тиску підвищується точність роботи валкової машини до певної межі. Коли тиск перевищує визначену величину (межу), виникає небажана зміна тіста, погіршення його якості. Досліди проведені в НУХТі [15] показали, що інтенсивна механічна обробка тіста впливає на точність поділу тістових заготовок. Вона може бути досягнута при низькому тиску близько 0,05 МПа внаслідок попереднього видалення вуглецевої

кислоти з тіста. Раціональним тиском в робочій камері слід вважати 0,05÷0,1 МПа, при якому досягається найкраща комбінація всіх показників роботи машини.

Для виявлення раціональних параметрів робочого процесу машини можна використовувати методику професора Лісовенка О.Т. Вона ґрунтується на тім, що зразки тіста заводського приготування стискали в експериментальній камері, а потім округлювали вручну. Об'єм заготовок розраховували за допомогою рівняння [23]:

$$V=0,513d^2hk, \quad (1.3)$$

де d – середній розмір заготовки, який визначається як середньоарифметичне двох взаємно перпендикулярних вимірів діаметра заготовки; h – висота заготовки; k – коефіцієнт, що враховує відхилення фактичного об'єму від розрахункового; для тіста з пшеничного борошна 1 гатунку $k=1,09$; 2 гатунку $k=1,06$.

Це дозволило встановити факт позитивного впливу тиску на укріплення структури тіста та зону раціональних значень тиску в робочій камері машини в межах 0,1÷0,2МПа.

Однак при виборі раціонального значення робочого тиску створеного валками необхідно враховувати той факт, що при зниженні робочого тиску від 0,2 до 0,1МПа досягається краща комбінація показників якості тіста, знижуються потужність приводного електродвигуна та витрати енергії приблизно на 30%, майже вдвічі зменшується об'єм максимальних навантажень на всі рухомі елементи машини, значно підвищуються довговічність та безвідмовність роботи тістоподільної машини. Тому, раціональним тиском в робочій камері прийнято значення 0,1МПа, при якому досягається найкраща комбінація показників роботи тістоподільників [2].

1.3.3. Універсальна подільно-закаточна машина для бубличних виробів Б-4-58

Машина складається (рис. 1.5) з механізму 6 приймання і подачі тіста, пульта 17, станини 19, трьох змінних формувальних тголовок 9 з формувальними стаканами 8 і скалками 13, консольно закріпленими в тістовій камері 4, стрічкового транспортера 16 з натяжним пристроєм 15, привод 18. Маса машини 1755 кг.

Тісто плоскими шматками завантажується в приймальний бункер 11, звідки валками 5 подається в тістову камеру. В цей момент поршні 3 знаходяться у

крайньому лівому положенні. Під час руху поршнів проворуч, який здійснюється за допомогою кулака 20 через важіль 21 і тягу 2, тісто ущільнюється і після входу в циліндричні гільзи 10 витискується через кільцеві щілини, утворені зрізами гільз і скалками. Маса витісненого тіста регулюється гвинтом 1. Після випресовування поршні повертаються назад у вихідне положення для вистою, а формувальні стакани починають рух, вивільнюючи кільцеві ножі 12. Під дією пружини 7 ножі просуваються аперед і відтинають тістові заготовки від загальної маси тіста і частково посувають їх вперед. Обкатування тістових заготовок виконується триразовим зворотно-пуступальним рухом стаканів уздовж скалок. В цей же час відбувається заповнення тістової камери наступною порцією тіста.

Ця машина дозволяє комплексно механізувати процеси поділу, формування, укладання тістових заготовок на кондитерські листи і їх транспортувати до вистійного агрегату.

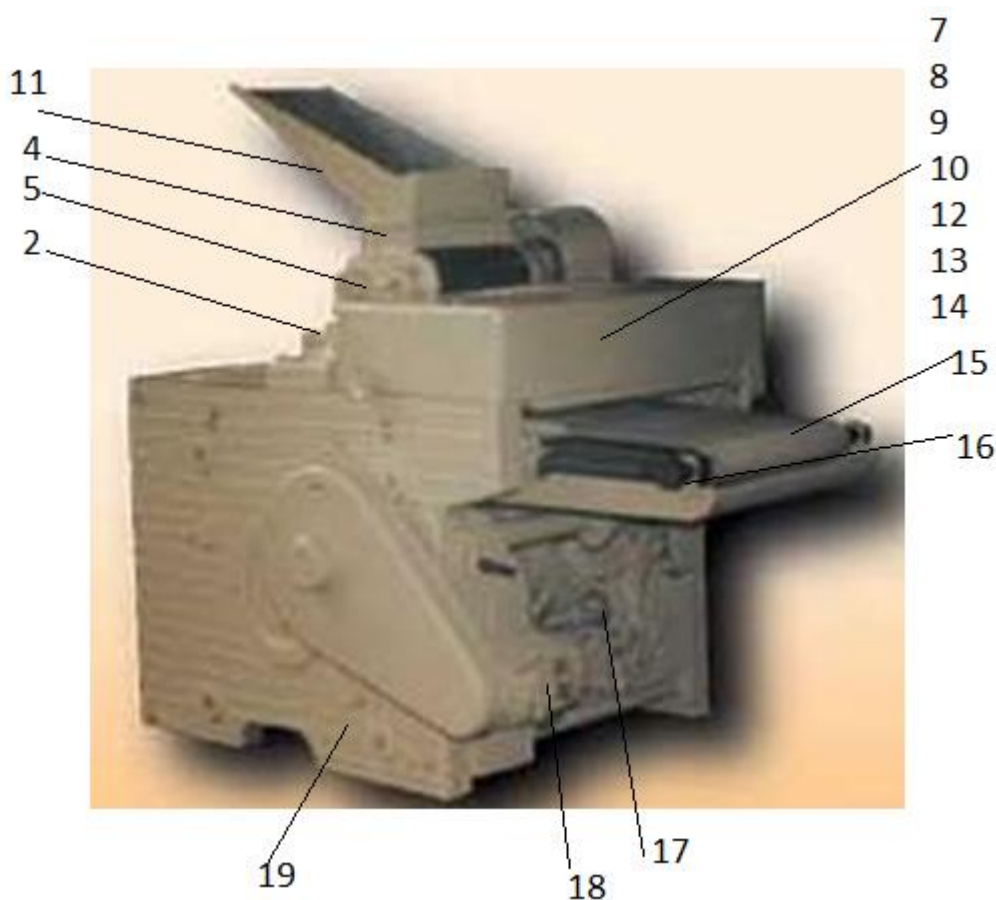


Рис. 1.4. Бублична подільно-закаточна машина Б4-58 (2-х валкова)

1.4. Техніко-економічне обґрунтування

Сьогоднішня техніка з валковими робочими органами для потреб хлібопекарської та кондитерської промисловості досить консервативна, і українські машинобудівні заводи виготовляють в основному машини давньої розробки, що практично протягом десятиліть не зазнали суттєвої модернізації. Нагнітання тіста з низькою вологістю на такому обладнанні стало складним завданням. Правда, час від часу з'являються новації в моделях машин з валками, але вони, як правило, не принципові. Формувальні машини, адаптовані для сучасного швидкісного методу формування, розкачування тіста при використанні старих пазових валків, мають ряд суттєвих недоліків і не відповідають сучасним вимогам. Насамперед тому, що в подільно-закаточній машині Б4-58 частково збалансована дія робочих і гальмівних елементів (дискретність дії, зазор), відсутнє регулювання режиму нагнітання тіста та інше. Основними недоліками подільно-закаточної машини Б4-58 є незручність регулювання зміни подачі тіста, а також відсутність стабілізатора тиску в робочій камері подільника. Однак подільники з валковим нагнітанням мають і суттєві переваги: простота конструкції, надійність в роботі і бережний вплив на структуру тіста.

Таким чином процес формування тіста має важливу роль в харчовій промисловості. Формування тістових напівфабрикатів можна автоматизувати простішими і надійнішими засобами. З проведеного аналізу валок визначається трьома основними параметрами: діаметром, зазором між валками, а також частотою обертання. Найбільш поширеними робочими органами, які використовуються в кондитерській і хлібопекарській промисловості подано на рис. 1.4. Конструктивні особливості валка з прямозубими пазами (рис. 1.4а) є основними, які використовуються в сучасних машин на протязі тривалого періоду. Тому винахідники спрямовували свої розробки на таку форму, де змінювався профіль паза без зміни діаметру (рис. 1.4б,в), поверхні і частоти їх обертання.

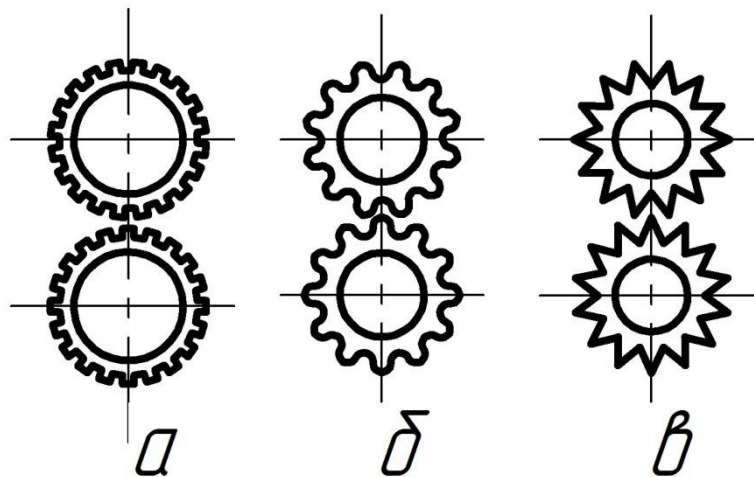


Рис. 1.4. Основні конструктивні схеми використовуваних валків

На вибір типу робочого органу впливають додаткові вимоги, які пов'язані із реологічними властивостями обробляючого середовища. Обґрунтованість вимог до однорідності середовища при впливі деформації спрямована на забезпечення технологічної й економічної ефективності проектної машини. Так, при розкачуванні, транспортуванні в подільних і формувальних машинах нерівномірний розподіл тіста за висотою, приводить до поступового загромождження компонентів у робочій камері і зменшення ефективності об'єму та продуктивності. Поряд з цим зайве посилення вимог до рівня однорідності пов'язане з необґрунтованим збільшенням витрат енергії, наприклад, зменшення різниці концентрацій у верхній і нижній частинах камери від 10% до 5% може привести до восьмикратного підвищення потужності приводу [3,4].

Аналізуючи процеси дії валків, необхідно спрямовувати їх так, щоб мінімальна кількість енергії витрачалася на зміну гомогенності тіста, його перемішування, пересування та зменшення деформації. Це сприятиме раціональному використанню енергії на якісне формування напівфабрикатів. Такий підхід створює оптимальні умови для протікання наступних технологічних процесів.

Відповідно до особливостей фізико-механічних властивостей тіста процес формування можна умовно розподілити на основні етапи:

1. Завантаження замішаного тіста в робочу камеру (бункер) для досягнення поверхневого контакту між ним і робочими органами.
2. Утворення затягувальної дії валків на в'язко-пластичне тісто.
3. Утворення пружно-пластичної течії тіста при його стисканні в зазорі між валками.

При такій схемі дії на тісто усі стадії процесу відбуваються послідовно по мірі надходження маси тіста і просування робочою камерою машини. В даному випадку робоча камера уявно ділиться на декілька зон, які відрізняються фізико-механічними властивостями та характером взаємодії робочого органу.

1.5. Мета і основні задачі дипломної роботи.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що випускається, в значній мірі залежить від розвитку виробництва нового обладнання, машин і апаратів, від впровадження методів техніко-економічного аналізу, який забезпечує вирішення технічних питань і економічну ефективність технологічних і конструкторських розробок.

Не дивлячись на відносно високий загальний рівень механізації, ряд технологічних операцій здійснюється недосконалими машинами, що стримує продуктивність поточкових ліній. В першу чергу це відноситься до валкових нагнітачів тіста, які не забезпечують якісної форми, постійного ритму видачі заготовок при поточковій виробництві та економії сировини. Тому створення нових машин з використанням валкових робочих органів повинно базуватися на всебічному вивченні процесів, що проходять при течії тіста між обертовими валками.

Метою даного роботи є визначення дії валків на нагнітання тіста при формуванні бублика.

Тому в ділильно-закаточній машині передбачено проведення зміни поверхню валків, так як існуючий не подавав своєчасно необхідну кількість тіста на формувальний пристрій. Для забезпечення даної мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести загальний аналіз поведінки тіста при деформаціях;
 - провести заміну валків з метою підвищення надійності роботи вузла та покращення процесу нагнітання;
 - повести розрахунки продуктивності машини при нових геометричних параметрах валків;

В наслідок чого:

- підвищиться надійність роботи;
- покращиться якість структури напівфабрикату;
- зменшиться вартість продукції;

- покращаться умови праці обслуговуючого персоналу;
- зменшаться питомі затрати по ремонту.

2. Розроблення технологічних і конструктивних рішень процесу нагнітання тіста валками

2.1. Проектно - технологічні розрахунки лінії виробництва бубликів

Випуск бубликів передбачає всі заходи на вдосконалення валків машини Б4-58. Їх функції - формування тісто на заготовки. Заготовки випікаються на механізованій лінії в тунельній печі газовим обігрівом.

Таблиця 1.— Основні техніко-економічні показники в рік.

	Назва	Одиниці Вимірювання	2018	2019
1.	Бубликові вироби всього			
	в. т. ч.	тис. т	8,40	9,60
	Бублик Подільський	- // -	2,21	2,14
		- // -	2,89	2,94
	Бублик Малютка	- // -	1,86	2,60
	Бублик човник	- // -	0,44	0,8

Цех виготовлення бубликів працює в дві зміни. Кількість річних діб: 300, а кількість змін в добу -2.

РОВ визначається за формулою [2]:

$$P = M_m \cdot \Phi_{d.o.},$$

$$P = M_m \cdot \Phi_{d.o.} = 506 \cdot 4224 = 2137344 \text{ кг} = 21373 \text{ т}$$

Суть роботи полягає в удосконаленні існуючого обладнання в бубликовому цеху без зменшення продуктивності. відбувається заміна застарілого вузла машини. Такий підхід дозволить покращити якість формування і зовнішній вигляд бубликів-сушки. Модернізація машини Б4-58 зменшує тривалість її роботи, і відповідно зростає продуктивність на 25%. Це відбувається за рахунок збільшення інтенсивності формування.

ДРФЧ роботи робітників робочого тижня 41 год., відпусток - 24 дні.

Фд.р.=1820 год.табл.4,2,ст.51 [17].

ДРФЧ роботи обладнання при 2-х режимі роботи: Фд.о.=4060 год. табл.4,2,ст.51[17].

2.2. Вибір і обґрунтування технологічної схеми виробництва бубликів, її опис.

Виробництво бубликів-сушки ґрунтується на наступних технологічних операціях:

- підготовка сировини (просіювання борошна, підготовка закваски, солі, цукру, сироватки, молока, яєць, хімічних добавок...);
- приготування опари;
- приготування тіста (заміс);
- бродіння;
- формування тіста на заготовки;
- випікання;
- охолодження і зберігання.

Сировина на завод поступає спеціальним транспортом – автоборошновозом 15 і автоцистернах 33 (рис.2.1). Механізація заводських складів - використання БЗТБ і допоміжної сировини. Дозволяє механізувати завантажувально-розвантажувальні роботи. При організації БЗБ - на хлібозавод здійснюється в автомуковозах місткістю 14-15 м³. Для розвантаження борошна машини мають повітряні компресори. Також є пристрій для приєднання до трубопроводів. Машина 15 зважується на вагах і розвантажується.

В бункері 19 зберігається борошно. Багатопозиційний перемикач потоку 18 розподіляє борошно. Борошно осідає, а повітря видаляється з бункера.

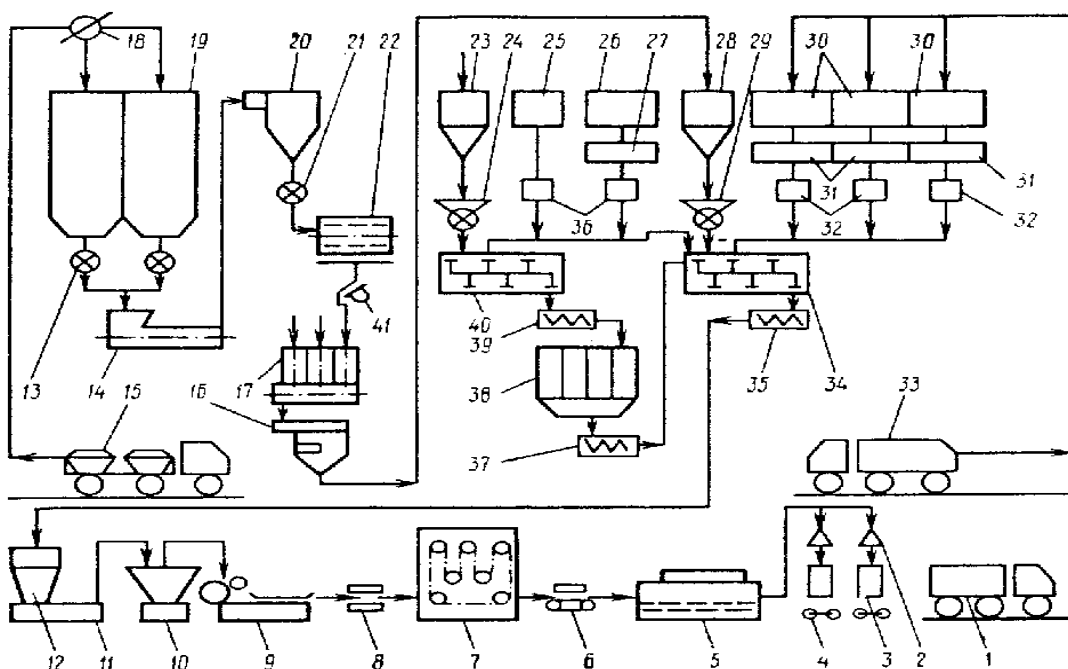


Рисунок 2.1.– МАС-виробництва бубливі

Борошно, що подається на переробку за допомогою розвантажувального пристрою, що розміщений в нижній частині бункера 19, поступає в роторний шлюзовий затір 13 а з нього в живильник 14. Борошно відділяється від повітря в циклоні-осаджувачі 20 і шлюзовим затвором 21 передається в ситовий просіювач 22.

Просіяне борошно проходить очистку від феродомішок в магнітних вловлювачах 41. Для одержання стабільної якості хліба дві чи три різних партії борошна змішуються в пропорційному борошнозмішувачі 17.

Облік виділеного на основне виробництво борошна ведеться за допомогою автоматичної ваги 17. В кожній потоковій лінії для створення оперативного запису борошна встановлюються виробничі бункери 23 і 28.

При організації транспортування і безтарного зберігання допоміжної сировини (цукор, дріжджі, жир і ін.) в рідкому вигляді вона перекачується насосами в ємності 26, 30 для зберігання. Якщо сировина поступає в сухому вигляді, вона розчиняється в спеціальних ємностях. Вся допоміжна сировина перекачується по трубопроводах в розхідні баки 27, 31 і звідти поступає через дозувальні пристрої 32, 36 на заміс тіста. Для подачі води встановлюється розхідний бак 25.

Для одержання хорошої якості хліба використовується двофазний спосіб приготування тіста. Перша фаза – приготування опари, яка замішується в тістомісильній машині 40 і складається з води, борошна і дріжджів, що поступають в машину з дозаторів 24 і 36. В різних технологічних схемах приготування тіста кількість борошна, що необхідна для приготування опари, коливається від 30 до 70 % загальної кількості. З бункера 23 змішана опара шнековим насосом 39 подається в бункер 38 для бродіння. Після 4...5 годинного бродіння опара шнековим насосом 37, що встановлений під бункером, направляється в машину 34 для замісу тіста (друга фаза). В цю машину, окрім опари, з бункера 28 дозатором 29 подається частина борошна, що залишилася, а також рідкі інгредієнти: вода, соляний розчин і (якщо передбачено рецептурою) розчин цукру і жиру.

Розподільник тіста 11 забезпечує одержання заготовок визначеної маси, що поступає на стрічкових конвейєрах спочатку 10, а потім до 9 машин. Технологічне призначення цих машин полягає в механічній переробці кусків тіста з метою більш рівномірного розподілення по їх об'єму газової фракції і надання їм необхідної форми.

Обробка заготовок на обладнанні для розділення тіста призводить до утворення щільної структури м'якуші, тому шматочки тіста піддають допоміжному бродінню, що називається відстоюванням.

2.2.1. Вибір технологічного обладнання лінії виготовлення бубликів

Забезпечення добової продуктивності цеху виготовлення бубликів, вказаної у річній програмі бажано підібрати основні машини у лінії.

Кількість конвеєрних шаф знайдемо за формулою [4].

$$B_{pk} = \frac{t_{um}}{\tau} ;$$

Такт роботи лінії можна знайти за формулою [3]:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi_{до}}{П} = \frac{60 \cdot 264 \cdot 16 - 2 \cdot 3600}{2137344} = 373,9$$

З паспорта машини $t_{um} = 57$ хв, тоді необхідна кількість машин:

$$B_{pk} = \frac{t_{um}}{\tau} = \frac{57}{373,9} = 0,15$$

Кількість решти обладнання, можна визначити за формулою [10].

$$B_p = \frac{1,3 \cdot M_{me}}{K \cdot M_e} ;$$

Підставивши дані знайдемо кількість округлювальних машин.

$$B_{ps} = \frac{1,3 \cdot M_{me}}{K \cdot M_e} = \frac{1,3 \cdot 8,1}{7 \cdot 12,5} = 0,12 ;$$

приймаємо одну машину ХТО.

Необхідна кількість тістомісильних машин

$$B_{p\phi} = \frac{1,3 \cdot M_{me}}{K \cdot M_e} = \frac{1,3 \cdot 8,1}{7 \cdot 3,1} = 1,15 ;$$

приймаємо дві тістомісильні машини

Необхідна кількість тістоділильних машин Б4-58

$$B_{pu} = \frac{1,3 \cdot M_{me}}{K \cdot M_e} = \frac{1,3 \cdot 8,1}{7 \cdot 14,2} = 0,11 ;$$

приймаємо одну машину.

Аналогічно визначаємо кількість решти обладнання лінії та заносимо дані у таблицю 2.2. Коефіцієнт завантаження обладнання –

$$K_3 = \frac{N_{\text{роз}}}{N_{\text{gh}}} = \frac{4,58}{6} = 0,76$$

Продуктивністю машини зазвичай розраховують дійсну та теоретичну або ТП.

Продуктивність печі згідно паспортних даних становить при випічці із пшеничного борошна I сорту масою 0,075 кг — 0,58 т/год.

Дійсна продуктивність Q_d – це кількість бубликів за час на протязі зміни. Необхідна площа для бубликів.

Тоді добова продуктивність при випічці:

$$Q_d = Q \times [\tau_p - \tau_n] = 0,58 [2 \cdot 8 - 2] = 8,12 \text{ т/доб.}$$

Таблиця 2.2

Продуктивність лінії виготовлення бубликів

№ п/п	Назва та марка обладнання	Кількість обладнання в лінії	Питома площа, м ²	Потрібна площа, м ²
1.	Піч	1	80	55,4
2.	Дозатор	1	20	2,4
3.	Тістомісильна машина	2	40	13,6
4.	Тістоділильна машина Б4-58	1	20	4,8
5.	Тістозакаточна машина	1	20	5,6
6.	Конвеєрна шафа	1	40	14,9

2.2.2. Технічна характеристика лінії

Технічна характеристика тістоділильної машини Б4-58

Продуктивність для заготовок до 0,045 кг, шт/хв	20-40
Маса заготовки, кг	0,022-0.09
Потужність електродвигуна, кВт:	1,5
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2700
ширина	915
висота (без приймальної труби і електроприводу)	1500

Маса, кг (без електропривода, капотів і електроапаратури) 1000

Технічна характеристика печі

Продуктивність, т/год

- при виробництві батонів 0,58

- при виробництві формового хліба 0,75

Тривалість випічки, хв 12...72

Потужність електродвигунів, кВт 0,25

Частота обертів електродвигуна, об/хв 1450

Питома витрата природного газу, м³/т 43

Габарити, мм:

Довжина 14568

Ширина 2300

висота 2585

Маса, кг 13400

Технічна характеристика шафи

Продуктивність, т\год 1,12

Частота обертання ротора, об\хв 480

Витрата повітря, м³\год 350

Потужність електродвигуна, кВт 0,25

Габарити, мм:

Довжина 3505

ширина 2075

висота 1850

Маса, кг 865

Технічна характеристика машини

Продуктивність, т\год 0,9

Зазор між плитами в корпусі, мм 5-12

Діаметр валків, мм 90 і 250

Частота обертання ротора, об\хв 1160

Потужність електродвигун, кВт 1,5

Рідина для оброблення плит	ГКЖ-94
Габарити, мм	
довжина	2650
ширина	980
висота	760
Маса, кг	380
Технічна характеристика тістомісильної машини	
Продуктивність, т/год	1,5
Місткість корита, л	200
Потужність електродвигуна, кВт:	4
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1800
ширина	1700
висота (без приймальної труби і електроприводу)	1400
Маса, кг	570

2.2.3. Число працюючих за категоріями

Кількість основних робітників цеху можна визначити за формулою :

$$P_{\text{вр}} = \frac{B_{\text{нр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_3}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{баз}}} ;$$

Вставимо у формулу свої значення з 2.1 і 2.3, і обчислимо значення працюючих бубликового цеху виробництва бубликів.

$$P_{\text{вр}} = \frac{B_{\text{нр}} \cdot \Phi_{\text{д}} \cdot K_3}{\Phi_{\text{др}} \cdot K_{\text{баз}}} = \frac{7 \cdot 264 \cdot 0,8}{300 \cdot 1,2} = 4,1 ;$$

Отже у нас буде прийнято -5 чол.

Площа для ТОЛ.

$$F_{\text{обл}} = \Sigma F_i = 55,4 + 2,4 + 8,6 + 4,8 + 5,6 + 14,9 = 108 \text{ м}^2.$$

Площа необхідна для працівників:

$$F_{\text{роб}} = 4 \times n = 4 \times 9 = 36 \text{ м}^2.$$

Існуюча виробнича ділянка:

$$F_{\text{осн}} = (2...3) \times F_{\text{обл}} = (2...3) \times 108 = (216...324) \text{ м}^2.$$

Заводська площа цеху:

$$F_{\text{заг}} = F_{\text{осн}} + F_{\text{роб}} = (216...324) + 80 = (286...404) \text{ м}^2.$$

Допоміжні приміщення становлять 30...40 % від всієї території цеху.

$$F_{\text{доп}} = (35...40\%) \times F_{\text{осн}} = 0,35 \times 576 = 202 \text{ м}^2.$$

Адміністративно-побутові приміщення становлять 15...20 % від загальної.

$$F_{\text{адм}} = (15...25\%) \times F_{\text{осн}} = 0,15 \times 576 = 87 \text{ м}^2.$$

Таблиця 2. 4.

Категорії працюючих на дільниці

№ п/п	Категорія працюючих	Спосіб визначення	Процентне співвідношення	Кількість чол. у цеху
1.	Виробничі робітники	За формулою: $F_{\text{в.р.}} = \frac{\text{Оп.р.} \times \text{Ф д.} \times \text{Кз.}}{\text{Ф д.р.} \times \text{К баг.}}$	20%	5
2.	Допоміжні робітники	у % від		1
3.	Інженерно-технічні працівники (ІТП)	виробничих робітників у % від загальної кількості	12%	1
4.	Службовці, конторський персонал	робітників у % від загальної кількості	5%	1
5.	Молодший обслуговуючий персонал (МОП)	робітників	3%	1
6.	Всього		—	9

. На фабриці існує загальна столова у 95 м². Службові і побутові приміщення подано у таблицю 2.5 .

Таблиця 2.5

- Питомі площі для службових працівників

№ п/п	Дані	Кі-сть	S, м ²
а.	Кімнати умивання	2	2,5
б.	Кімнати для душу	2	1,9
в.	Санвузли	1/5	6
г.	Столова	1	95
д.	Кабінет головного технолога	1	13,5
ж.	Кабінет начальника цеху	1	10,8
з.	Гардероб	1	47,9

2.2.4. Розробка плану розміщення технологічного обладнання

Розміщення обладнання його компоновка у відповідності з проектуючою технологією здійснюється комплексно. Це означає, що компоувати необхідно одночасно або в взаємозв'язку технологічні, транспортні, аспіраційні, електротехнічне обладнання, а також контрольно-вимірювальні прилади і засоби автоматики. Обладнання слід розміщувати з врахуванням технологічної схеми, що забезпечить потоковість і неперервність виробництва з мінімальною кількістю транспортних засобів. Технічні вимоги враховують зручність обслуговування, експлуатації, ремонту обладнання, створення умов для комплексної механізації і автоматизації процесу тощо.

Керування технологічним процесом, контроль за роботою обладнання, ремонт обладнання вимагає хорошого природнього і штучного освітлення робочих місць. При інших однакових умовах ближче до джерел природного світла слід розміщувати обладнання, яке має менші габаритні розміри. Обладнання, яке не потребує систематичного обслуговування, можна розміщувати далі від джерел природнього освітлення або в другому ряді обладнання. Наприклад всмоктувальні фільтри, батарейні і одиночні циклони, які мають велику висоту, при їх розміщенні біля вікон будуть знижувати природню освітленість приміщення і обладнання, яке розміщене в глибині виробничого приміщення. Також знижують природню освітленість деталі самотічного транспорту, аспіраційні повітропроводи, матеріалопроводи, труби норій тощо, розміщені в площині вікон.

Як правило більшість обладнання розміщують таким чином, щоб втрати природнього освітлення були мінімальними. Наприклад, фільтри можна встановити короткою стороною до вікон, розмістивши їх в площині пристінки. Економічність і ефективність буде залежати також від протяжності транспортних пристроїв і аспіраційних повітропроводів. Для зменшення протяжності повітропроводів аспіраційне обладнання наближають до технологічного.

Створення комфортних і здорових умов праці на хлібопекарних заводах безпосередньо пов'язано з зменшенням шуму і вібрації. Крім того, вібрація негативно впливає на роботу контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації. Таке обладнання не слід розміщувати біля машин, які створюють підвищений рівень вібрації (всмоктувальні фільтри з струшуючим механізмом, вентилятори високого тиску, повітродувні машини тощо). Вентилятори високого тиску і повітродувні машини розміщують в окремих приміщеннях з доброю звуко- і віброізоляцією. Встановлення такого обладнання потребує віброізоляційних подушок і глушників аеродинамічного шуму.

Обладнання хлібо заводів розміщують, залишаючи вільні поперечні повздовжні проходи, які пов'язані з виходом в сумісні приміщення, а також між групами машин не менше 1 м. Проходи між окремими машинами повинні бути не менше 0,7 м. Дозволяється групове встановлення машин, які для свого обслуговування не вимагають підходу з усіх сторін.

Печі, тістомісильні, тістозакаточні та тістоокруглювальні машини потребують постійного обслуговування з обох сторін, тому їх можна розміщувати групами. При груповому розміщенні загальна довжина групи не повинна перевищувати 12 м

Для машин, які мають колові поступальні або прямолінійні зворотньо-поступальні рухи (діжеперекидачі, шафні сепаратори, розсівни) величину проходу між машинами збільшують на ексцентриситет або на два ексцентриситети. Продуктопроводи самотічного і пневмотранспорту, норії а також обладнання яке не має рухомих частин і які не потребують постійного обслуговування, можуть бути встановленні на відстані 0,15 м. Від стіни приміщення або бункера.

2.2.5. Потреба цеху в паливі

Потребу в паливі на опалення приміщення цеху можна знайти за такою формулою:

$$P_{нал.р} = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{\kappa \cdot 1000 \cdot \eta};$$

$$P_{нал.р} = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{\kappa \cdot 1000 \cdot \eta} = \frac{30 \cdot 4320 \cdot 4838}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 119,4 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Питома витрата газу при випічці подових сортів хліба становить $43 \text{ м}^3/\text{т}$.

Річна витрата газу на випікання становить:

$$P_{газ.р} = P_n \cdot G_{нечі} \cdot \Phi_o = 43 \cdot 8,1 \cdot 264 = 91951 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

2.3. Структурно-кінематичний аналіз

2.3.1. Аналіз структури формувальної машини Б4-58

Структурна схема машини складається (рис. 2.2) з механізма приймання і подачі тіста, пульта управління, трьох змінних формувальних головок з формувальними стаканами і скалками на окремих привідних валах. Стрічковий транспортер з натяжним пристроєм одержує крутний момент від проміжного вала. Привід машини-це електродвигун 2.2 кВт, 1000об/хв, редуктор.

Тісто із завантажувального бункера подається валками, які крутний момент одержують від храпового механізму та циліндричних шестерень. Поршні знаходяться у крайньому лівому положенні і свій рух здійснюють за допомогою кулака через важіль і тягу.

2.4. Конструктивний озрахунок вузла нагнітання

2.4.1. Конструювання храпових механізмів

Для циклічного обертання валків в машині служить храповий механізм. Його функції перетворення коливального руху ведучої ланки (шестерні) в поворотній односторонній рух з зупинками веденої ланки. Передача руху від ведучої ланки до веденої здійснюється завдяки проміжних ланок.

Храпові механізми бувають зубчатими і фрикційними. У формувальній машині зубчатий храповий механізм, який представляє собою посаджене на вал храпове колесо. Собачка притискається до храпового колеса пружиною. При ході коромисла вправо собачка виходить із западини між зубами. При ході коромисла вліво

необхідний деякий час, перш ніж собачка доторкнеться до робочої поверхні зуба, після чого відбудеться поворот храпового колеса.

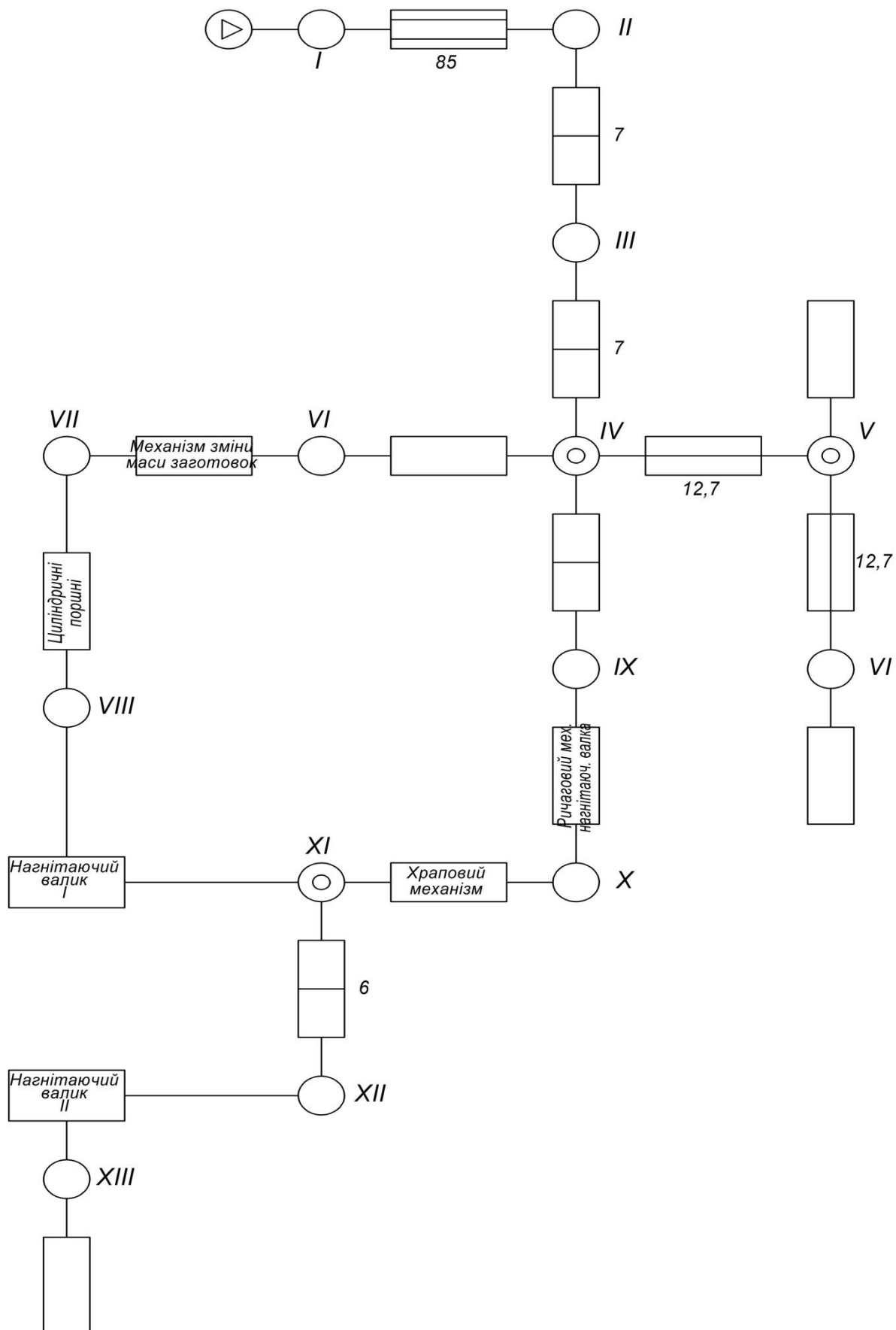


Рис. 2.1. Структура формувальної машини Б4-58

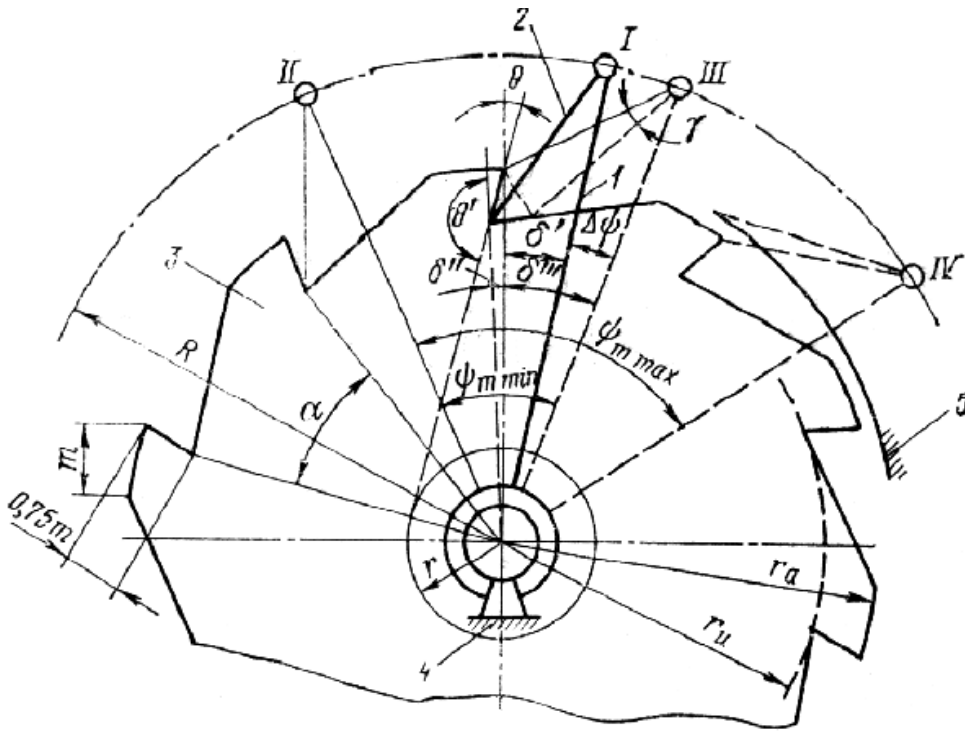


Рис.2.3. Схема до розрахунку храпового зубчастого механізму

Для того, щоб храпове колесо повернулося на один кутовий крок α зубів, необхідно, щоб кут розмаху ψ_m коромисла був більше цього кута на величину $\Delta\psi$, тобто був рівний куту $(\alpha + \Delta\psi)$, що обумовлено конструктивними особливостями механізму.

Для здійснення повороту храпового колеса на робоче число зубів $z_p = 30$ кут розмаху коромисла повинен у вузлі нагнітання лежати в межах

$$z_p \alpha + \Delta\psi < \psi_m < (z_p + 1) \alpha + \Delta\psi$$

Кут робочого повороту коромисла рівний куту повороту храпового колеса:

$$\psi_p = z_p \alpha = \frac{2\pi z_p}{z} = 1.4$$

де z - число зубів храпового колеса, 30.

Холостий хід коромисла складається із зворотнього ходу і частини прямого ходу та має два граничних значення:

$$\psi_{x\min} = \psi_p + 2\Delta\psi; \quad \psi_{x\max} = \psi_p + 2(\alpha + \Delta\psi)$$

Відношення кута робочого повороту коромисла до холостого, таким чином, буде лежати в межах:

$$\frac{1}{1 + \frac{2\Delta\psi}{z_p\alpha}} > K > \frac{1}{1 + \frac{2(\alpha + \Delta\psi)}{z_p\alpha}}$$

Оскільки кут робочого повороту храпового колеса рівний $\alpha(z_p = 1)$, а $\Delta\psi$ дуже мале, то $K_{\max} = 1$; $K_{\min} = 1/3$. Мінімальне значення додаткового кута повороту коромисла $\Delta\psi_{\min} \approx m/R$, де m - модуль колеса; R - радіус коромисла.

Точне значення кута $\Delta\psi_{\min}$ можна визначити наступним чином. З побудови храпового колеса визначаються кути:

$$\theta = \arcsin \frac{r}{r_a}; \quad \theta' = \arcsin \left(\frac{r_a}{r_u} \sin \theta \right) = 360 \frac{1}{30} = 12^\circ,$$

знаючи які, знаходять $\delta'' = \pi - (\theta + \theta')$. Вираховують значення кутів при двох положеннях:

$$\delta' = \arccos \frac{R^2 + r_u^2 - l^2}{2r_u R};$$

$$\delta''' = \arccos \frac{R^2 + r_a^2 - l^2}{2Rr_a},$$

а потім

$$\Delta\psi_{\min} = \delta''' + \delta'' - \delta'$$

Оскільки кутова швидкість ω_1 коромисла не є постійною, то час робочого ходу і час вистою храпового колеса можуть бути визначені тільки по часу спрацювання приводного механізму.

З метою зменшення коефіцієнта K в механізмі можна монтувати запірну дугу 5, яка дозволяє при будь-якому розмаху коромисла ψ_m отримати необхідний кут повороту храпового колеса, що відповідає $z_p = 12, 3, \dots$

Кут нахилу робочих граней і розміщення осі обертання собачки вибирають таким, що під дією навантаження собачка щільніше притискалась до храпового колеса. Для зменшення навантаження на вісь храпового колеса вісь собачки розміщують ближче до вершин зубів. В таких умовах кут нахилу робочих граней приймають 16-

20?, а опорна площина зуба розміщується по дотичній до допоміжного центрального кола з радіусом $z_p = (0,28 \div 0,34)r_a$. Профіль зуба роблять трапецевидним.

Розрахунковою характеристикою храпового колеса є модуль, який визначається із умови міцності зуба при згині:

$$m = \sqrt{\frac{M_k}{z\Psi[\sigma]_3}} = \sqrt{\frac{5.95}{30 \cdot 1.4}} = (0.008) = 0.8 \text{ мм}$$

де M_k - крутний момент на валу, 5.95; $\Psi = b/m$ - коефіцієнт форми зуба $\Psi = 1 \div 1.5$; $[\sigma]_3$ - допустиме напруження при згині зуба колеса. Ширина зуба $b = m\Psi = 3 \cdot 1.4 = 4.2 \text{ мм}$.

Проімаємо 6мм. Зовнішній діаметр $D_a = mz = 3 \cdot 30 = 90$.

Приймаємо з конструктивних міркувань модуль храпового колеса : $m=3$.

Собачка механізму перевіряється на питоме лінійне зусилля:

$$q = \frac{2M_k}{mzb_1} \leq [q] = \frac{2 \cdot 5.95}{3 \cdot 30 \cdot 6} = 0.22$$

де b_1 - ширина собачки, 6мм; $[q]$ - допустиме питоме зусилля.

Окружна сила , що діє на зуб храповика : $P = \dots$; $P = 2M / D = 13.5 \text{ кН}$

Питомий тиск навантаження на одиницю ширини зуба : $g = P / e = \frac{13.5}{0.6} = 2.25$

Порівнюємо його з допустимими для прийняття матеріалу : $g = 2/25$ $g = 2.25 = [g]$

Визначаємо діаметр осі собачки : $d=12 \text{ мм}$

$e=2$ мм – висота фланця собачки .

Проектуємо профіль зуба храповика $m=0,6$

Вісь собачки перевіряється на міцність, виходячи із умови роботи на згин при консольному закріпленні, на зріз – при двохопорному її закріпленні. Всі розрахункові дані храпового колеса приведені на рис.2.3.

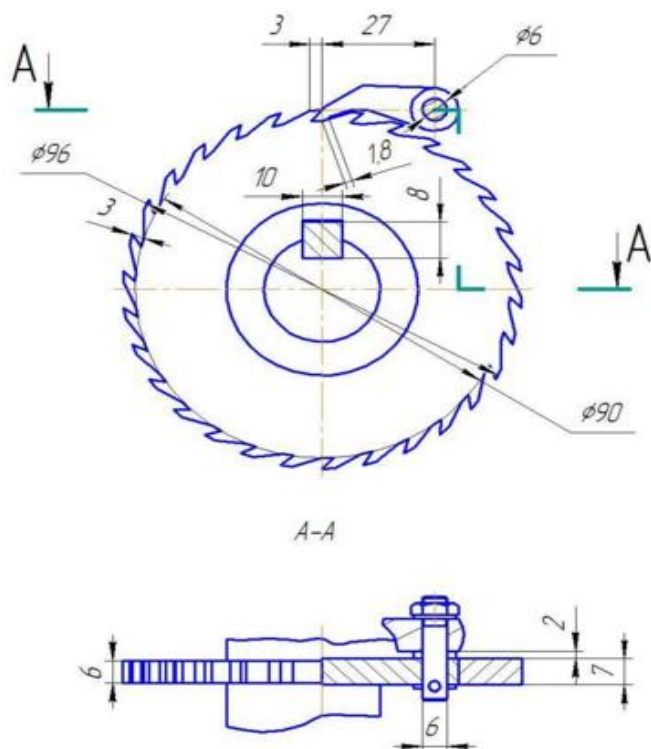


Рис.2.4. Храпове колесо

2.5. Кінематичні розрахунки

Передавальне число (рис.2.4).

$$U_{\text{заг}} = \frac{z_{\text{дв}}}{z_{\text{г}}} = 1435/14 = 102,5$$

В нашому випадку число редуктора $U_{\text{р}} = 32,5$ для зубчатої передачі $U_{\text{зз}} = 3,4$;

Потужність на валах.

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

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

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

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

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

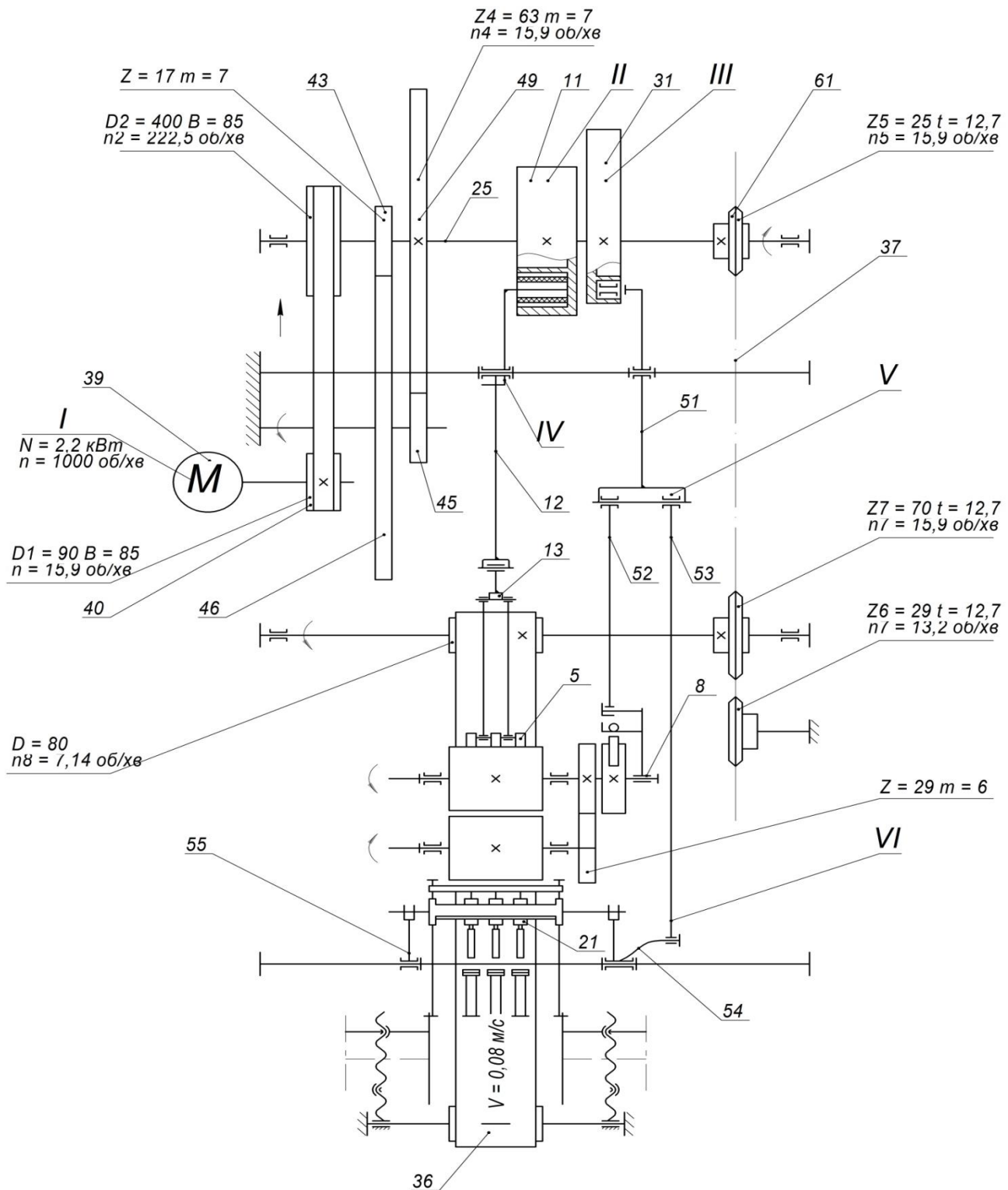


Рис. 2.5.кінематична схема формувальної машини Б4-58.

де N_p - потужність, яка необхідна на обертання ротора

$$N_p = A_{max} / t_{II}; \text{ Вт}$$

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

Швидкість обертання валу

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

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

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

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

Кутове обертання.

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

$$\omega_2 = \omega_1 / U_{кп1} = 150 \text{ рад./с}$$

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

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

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

Момент кручення.

$$T = N/\omega; \text{ Нм}$$

$$T_1 = T_{\delta_6} = 2200/150 = 14,7 \text{ Нм}$$

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

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

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

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

Розрахунок швидкості обертання валу стрічкового транспортеру

Продуктивність стрічкового транспортеру

$$Q_r = \frac{v \cdot g}{a}; \text{ кг/с}$$

де v - швидкість руху стрічки, м/с

a - крок шматків тіста, 0,05 м

g - маса однієї заготовки, 0,5 кг. тоді $v = Q_r \cdot a / g \cdot 60$; м/с

Продуктивність транспортера, виходячи з продуктивності формувального пристрою

$$Q_r = 12,42 \text{ кг/хв}$$

$$V = 12,42 \cdot 0,05 / 0,5 \cdot 60 = 0,2 \text{ м/с}$$

Частота обертання привідного барабану транспортера

$$n_{бг} = 60v / \pi D; \text{ хв}^{-1}$$

де, D - діаметр привідного барабану транспортера, 0,12 м.

$$n_{бг} = 60 \cdot 0,2 / 3,14 \cdot 0,12 = 32,8 \text{ хв}^{-1}$$

Тоді передавальне число ланцюгової передачі приводу транспортера

$$U_{лпг} = n_3 / n_{бг} = 46 / 32,8 = 1,41$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 3.5

Кінематичний розрахунок формувальної машини при продуктивності

Вали	N, кВт	n, хв ⁻¹	ω, рад/с	T, Нм	U
I	2,2	1435	150	14,7	1
II	2,09	1435	150	13,9	31,5
III	2,0	46	4,8	418,125	3,2
IV	1,6	14	1,5	1076,7	1
V	0,73	14	1,5	489,3	1,41
VI	1,2	32,8	3,43	349,7	1,41

2.6. Обґрунтування і вибір конструкційних матеріалів

У тістомісильній машині відбувається заміс тіста, яке є агресивним середовищем по відношенню до чорних металів, тому робочі поверхні деталей виготовляються з нержавіючих конструкційних сталей, кольорових металів та полімерів. Найбільш поширеним металом для виготовлення такого обладнання у північній промисловості нержавіюча сталь. У нашому випадку використано харчову нержавіючу сталь X18H10T.

Місильні органи мащини повинні бути міцними, жорсткими, корозійностійкими. У машині мішалка та інші деталі, що контактують з сировиною, виготовлені із нержавіючої сталі.

Деталі, що не контактують з агресивним середовищем, але сприймають значні навантаження (вали, осі, цапфи, шестерні, зубчасті колеса, ...), виготовляються з конструкційних якісних сталей 40, 45, 50..., низьколегованих сталей 40X, 40XH, 45Г..., з відповідною термообробкою. У низьколегованих сталей 40X, 40XH, 45Г, 40ХГС покращені механічні характеристики за рахунок вмісту легуючих компонентів.

Менш відповідпльні деталі у ненавантажених чи малонавантажених місцях механізмів виготовляються із сталей звичайної якості. Корпуси підшипників, кришки, стакани та деякі малонавантажені зубчасті колеса виготовляються із сірого та ковкого чавуну.

Підшипники кочення виготовляються із спеціальних шарикопідшипникових сталей з високим вмістом хрому марки ШХ. Кріпильні деталі (болти, гвинти, гайки, ...) для кріплення корпусів, кришок у невідповідальних місцях виготовлені зі сталей звичайної якості Ст 2, Ст3.

3. Фізичне моделювання поведінки тіста при дії валків в процесі нагнітання

3.1. Підходи до досліджень впливу валків на тісто

При створенні нових технічних рішень (системи) завжди виникають проблеми пошуку нових, більш ефективних конструктивно – технологічних рішень, і насамперед таких, які переважають рівень існуючих []. Для того щоб з'ясувати, у чому й наскільки варто міняти існуючу систему валкового нагнітання, потрібно проаналізувати та оцінити можливий інтервал зміни кожної властивості. Така оцінка може відбутися за допомогою характеристик змін, властивостей системи. Аналіз властивостей сприяє розвитку уявлень встановлення межі зміни значень.

Технічне вирішення удосконалення валкової деформації, не вирішена за допомогою традиційних, стандартних інженерно-конструкторських прийомів. Для цього застосовують наступні принципи технічної системи стадійності процесу:

- у кожний момент часу, кожній точці простору в процесі нагнітання, розкачування, транспортування повинні бути тільки ті властивості й взаємодії, які необхідні для одержання корисного результату;
- необхідно максимально використовувати наявні властивості гетерогенної системи й взаємодії її елементів з конструктивними елементами машини, усунути втрати й відходи;
- необхідно доводити до мінімуму витрати часу на одержання якісного процесу деформації.

При дослідженні необхідно конкретно обґрунтувати, який параметр системи може якісно і кількісно характеризувати її, які причини цієї вади, які елементи системи пов'язані з його появою та зміною. Визначення і встановлення факторів, що діють на систему, і параметрів, що визначають її роботу, дозволяє дати характеристику технічної вади.

З цих позицій було вибрано об'єкти досліджень і сформульовано такі завдання:

- визначити основні напрямки раціональних технологічних режимів дії валків на середовище;
- обґрунтувати схеми та характеристики механізму особливості дії валків на течію середовища;

- узагальнити числові значення ефективної в'язкості та граничного напруження зсуву (тіста) залежно від умов навантаження в профілюючому каналі;
- встановити особливості дії валкового робочого органу при нагнітанні на якість тіста.

3.1.1. Об'єкти фізичних досліджень і математичного моделювання процесу нагнітання

Під дією газу, що утворюється в процесі бродіння, тісто збільшується в об'ємі, зменшується його густина та змінюються структурно-механічні властивості. Механічні властивості вибродженого тіста характеризуються здатністю збереження і зміни форми (деформації) під дією зовнішніх зусиль, включаючи і гравітаційні сили. Зміна форми тіста або деформації після зняття зовнішніх зусиль валків можуть бути зворотними (пружними) або залишковими (пластичними).

На основі праць [1,4] у першому випадку це відбувається унаслідок зміни форми молекул і тимчасового порушення їх вторинних (внутрішньо молекулярних) хімічних зв'язків з поступовим розвитком еластичних деформацій, що «запізнюються», також поступово зникаючи після зняття зовнішніх зусиль (деформацій «післядії»). В другому – в результаті руйнування частини міжмолекулярних зв'язків. У молекулах є залишкові (пластичні) деформації течії.

Еластичні деформації тіста можуть мати значні розміри, що у багато разів перевищують величини миттєво-пружних деформацій. Текучість тіста або напівфабрикату пропорційна коефіцієнту внутрішнього тертя їх частинок, або в'язкості. Реальні фізичні тверді тіла разом з пружністю володіють пластичністю. Особливо колоїдним розчинам в певних умовах властиві пружність-еластичність [3,5].

Границя текучості характеризує міцність структури системи. В тісті границя текучості відповідає напруженню, при якому різко падає значення ефективної в'язкості [6]. Для виведення розрахункових рівнянь в реології використовується метод аналогії, тобто застосовуються рівняння механічних моделей деяких фізичних тіл. Найбільш близька до механічних властивостей тіста модель (рис. 2.1), де присутні елементи Максвелла і Кельвіна, що з'єднані паралельно, описують пружньо-в'язкі властивості, а елемент Сен-Венана - пластичні властивості.

В процесі течії тіста між валками воно одержує різні механічні впливи із сторони робочих органів машини. При формозміні в тісті порушуються структурні зв'язки,

ступінь їх порушень визначається величиною зусиль зовнішньої дії. Внутрішній опір тіста залежить в значній мірі від багатьох факторів: сорту борошна, рецептури, сцифіки технологічного процесу. Знання цих факторів та їх залежностей від технологічних параметрів, відношення рецептурних компонентів дозволить вирішити проблему контролю якості формування виробів.

Тісто володіє певним опором по відношенню до відшарування від поверхні робочої камери. Такий шар моделюється як тіло Бінгама, реологічна форма якого має вигляд $V=H-(N|Stv)$. Наявність в даній моделі тіла Сен-Венана (Stv) дозволяє відобразити здатність даного шару тіста опиратися рухові (сколювання) або міцність (адгезії) з основною частиною тіста. В термінах напружень і деформації для тіла Бінгама маємо:

$$\sigma=2\mu\epsilon, \text{ якщо } |\sigma| < |v|$$

$$\sigma=2\eta\dot{\epsilon}+v, \text{ якщо } |\sigma| \geq |v|, \text{ де } v - \text{ характеристика зчеплення (адгезії).}$$

Тісто є найбільш яскравим представником матеріалів, що релаксують. Причиною релаксації матеріалу є внутрішня течія. При незмінній досягнутій деформації внутрішня течія послаблює напруження таким чином, що з часом вимагається все менше зусилля для підтримання маси тіста в деформованому стані. Для характеристики процесу релаксації є час, протягом якого напруження спадає на повну (значну) величину. Для тіста час релаксації, в основному, залежить від в'язкості. Із збільшенням температури разом із зменшенням в'язкості зменшується і час релаксації [4].

На основі отриманих значень в'язкості і модулів пружності та еластичності можна визначити:

а) максвеллову константу часу релаксації: $t_1 = \eta_0/E$;

б) час пружної післядії: $t_2 = \eta_2/E$.

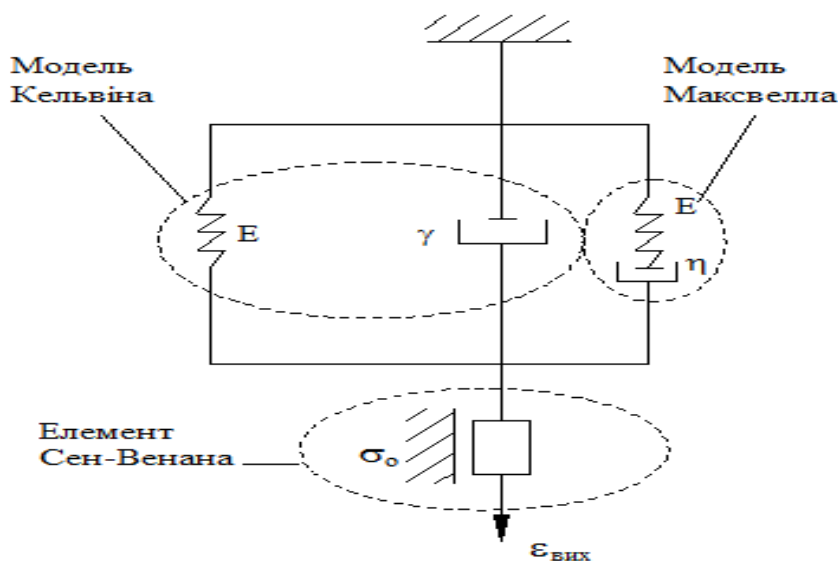


Рис. 3.1. модель пружньо-в'язкого та пластичного тіста

3.2. Призначення та функціональні ознаки валкових машин

На сьогоднішній день не існує класифікацій валкових машин. Тому їх можна розбити на дві групи: з фіксованим і нефіксованим ритмом роботи. У машинах з фіксованим ритмом привід всіх робочих органів здійснюється від жорсткої кінематичної схеми з певною періодичністю. У машин з нефіксованим ритмом роботи механізм, що відокремлює шматок від загальної маси, не пов'язаний із загальним приводом машини і включається в дію від імпульсу, одержуваного при заповненні тістом всього об'єму мірної кишені або при досягненні шматком тіста заданої довжини. Незважаючи на те, що в цих машинах всі операції процесу відбуваються в певній послідовності, загальний період їх циклу роботи не постійний і залежить від подачі тіста. Машини з нефіксованим ритмом роботи відрізняються підвищеною точністю, але мають більш складну конструкцію. Найбільш важливими функціональними елементами машини є робочі органи, робоча камера і ділильний пристрій.

В залежності від способів дії на напівфабрикат, валки в машинах розміщуються горизонтально, паралельно один до одного (нагнітання), вертикально один над одним (розкачування), в комбінованій взаємодії (транспортування). Таке розміщення валків забезпечує постійність тиску в робочій камері машини в момент відмірювання дози

тістової заготовки або її розкачування. Відомі також машини (одновалкові), що здійснюють замішування горизонтальним робочим органом з насічками [6]. Такі машини застосовуються в основному на мініпекарнях.

3.2.1. Обґрунтування параметрів в робочих камерах валкових машин

Розрахунок процесу стиснення тіста в робочій камері валкової машини визначається рівнянням стану вибродженого тіста. Рівняння виражає функціональний зв'язок між питомим об'ємом та тиском, що прикладається до тіста, яке знаходиться в замкненому просторі при постійній температурі. Об'ємна маса хлібного тіста після замісу $\rho_n = 1100 \dots 1180 \text{ кг/м}^3$, в кінці бродіння перед розподілом $\rho_\delta = 820 \dots 900 \text{ кг/м}^3$, після розділення $\rho_T = 1040 \dots 1090 \text{ кг/м}^3$.

Для виявлення раціональних параметрів робочого процесу машини можна використовувати методику професора Лісовенка О.Т. Вона ґрунтується на тім, що зразки тіста заводського приготування стискали в експериментальній камері, а потім округлювали вручну. Об'єм заготовок розраховували за допомогою рівняння:

$$V = 0,513 d^2 h k,$$

де d - середній розмір заготовки, який визначається як середньоарифметичне двох взаємо перпендикулярних вимірів діаметра заготовки; h - висота заготовки; k - коефіцієнт, що враховує відхилення фактичного об'єму від розрахункового; для тіста з пшеничного борошна 1 гатунку $k=1,09$; 2 гатунку $k=1,06$.

Це дозволило встановити факт позитивного впливу тиску на укріплення структури тіста та зону раціональних значень тиску в робочій камері машини в межах $0,1 \div 0,2 \text{ МПа}$.

Однак при виборі раціонального значення робочого тиску створеного валками необхідно враховувати той факт, що при зниженні робочого тиску з $0,2$ до $0,1 \text{ МПа}$ досягається краща комбінація показників якості тіста, знижуються потужність приводного електродвигуна та витрати енергії приблизно на 30% , майже вдвічі зменшується об'єм максимальних навантажень на всі рухомі елементи машини, значно підвищуються довговічність та безвідмовність роботи тістоподільної машини.

3.3. Зміна густини тіста при його стискуванні

Залежність густини (об'ємної маси) тіста ρ від величини тиску p на першому етапі зростання тиску нелінійна і майже прямолінійна (з мінімальним нахилом до осі абсцис) при подальшому збільшенні тиску. Тісто, яке поступає на оброблення має допустимі коливання технологічних і структурно-механічних властивостей, що є причиною зміни тиску ΔP в робочій камері. Дійсно, тісто більш слабкої консистенції випресовується з робочої камери при більш низькому тиску, ніж напівфабрикат більш міцної консистенції [23].

Якщо на графіку залежності $\rho = f(p)$ (рис.3.2) нанести умовну точку переходу криволінійної ділянки до прямолінійної відповідне їй значення p_1 , то очевидно, що при тисках у валковій робочій камері в діапазоні $[0 - P_1]$ існуючі коливання тиску ΔP викличуть значні зміни густини напівфабрикату $\Delta \rho_1$. Якщо тиск в процесі нагнітання буде в діапазоні $[p_1 - P_2]$, що відповідає прямолінійній ділянці на графіку залежності $\rho = f(p)$, то коливання густини напівфабрикату $\Delta \rho_2$ будуть помітно меншими. Так як всі валкові нагнітачі працюють за об'ємним принципом, то зазначене зниження ΔP сприятиме істотному скороченню величини похибки маси, що витікає із зазору.

Таким чином, в якості робочого діапазону тисків у машинах з валковими робочими органами слід вибирати ділянку $[p_1 - P_2]$. Величина p_2 відповідає гранично допустимому тиску за умовою збереження не зруйнованої структури напівфабрикату. Не менш важливо враховувати також і ту обставину, що одночасно із зміцненням клейковини і зниженням текучості сформованих тістових заготовок збільшення тиску понад певних значень викликає зниження якості продукції. Ділянка $[0 - P]$ присутня при стадії затягування, живлення масою середовища та визначає якість течії середовища.

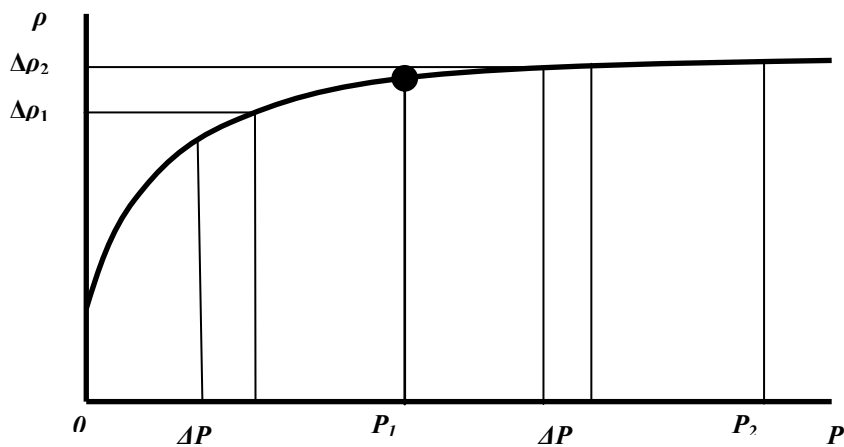


Рис. 3.2. Залежність густини тіста від величини стискування валками

Обробка тіста крім робочого тиску, характеризується коефіцієнтом стиснення тіста в робочій камері K_4 . Залежно від кратності стиснення в машинах тісто піддається різним впливам, які заключаються в механічному деформуванні і багаторазовому стисканні до певного тиску. Великою мірою коефіцієнт залежить від конструкції нагнітальної камери, інтенсивної дії на тісто та досконалості робочого процесу. Зокрема, орієнтовне значення K_4 при не інтенсивному тиххідному валковому нагнітанні відповідає кратності стискання близько 10. Для сучасних моделей машин значення K_4 слід корегувати з врахуванням прийнятої конструкції нагнітача [2,4].

З наведеного вище випливає, що необхідною умовою отримання постійного ступеню ущільнення тіста є стала величина тиску на тісто в кінці кожного циклу нагнітання протягом всього періоду роботи машини. Тиск на напівфабрикат може змінюватися при регулюванні зазору, що призведе до зміни об'єму, або при коливаннях консистенції тіста, що надходить в машину.

Графічно нагнітання тіста можна зобразити таким чином (рис. 2.3). За вертикальної осі відкладають силу нагнітання P , по горизонтальній – деформацію напівфабрикату h (величина зазору). Деформаційна поведінка напівфабрикату описується кривою ОА.

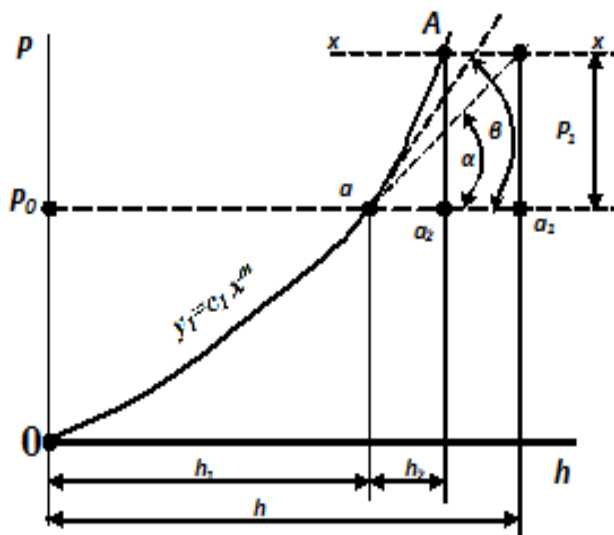


Рис. 3.3. Графік нагнітання тіста при використанні валків

Напівфабрикат починає нагнітатися в міжвалковий простір під дією початкової сили P_0 пружного протитиску з боку тіста. У міру його заповнення деформація напівфабрикату збільшується і його пружний опір зростає. В точці a кривої OA сила протидії напівфабрикату дорівнює початковій силі пружного-пластичного тіста P_0 . У цей обертовий момент валка h_1 , дорівнює початковій деформації напівфабрикату. Надалі відбувається ущільнення тіста та його транспортування. Тісто деформується по криволінійному закону (крива aA). Сила P_1 викликає додаткову деформацію тіста aa_2 .

Мала величина додаткової деформації матеріалу aa_2 пояснюється тим, що при її закінченні жорсткість напівфабрикату, дорівнює $c_1 = \text{tg} \beta$. Так як деформація пропорційна до навантаження і обернено пропорційна до жорсткості, то одна і та ж додаткова сила P_1 при різних жорсткостях тістового напівфабрикату викликає порівняно малу деформацію оброблюваного матеріалу. Таким чином, основне стиснення тіста в процесі нагнітання здійснюється силою P_0 , а додаткове- зусиллям P_1 .

3.4. Обґрунтування робочих параметрів, що відбуваються у вузлі нагнітання

При приготуванні високоякісної продукції слід забезпечити оптимальну інтенсивність, тривалість і температуру при раціональній частоті обертання нагнітального та живильного валків з плавним нагнітанням тіста в робочу камеру. Із літературних джерел відомо, що поділка тіста при певних раціональних режимах призводить до покращення якості виробів і економії матеріальних ресурсів. Тому не дивно, що саме цьому питанню приділяється значна увага науковців при створенні нових тістодільних машин. При перевищенні деякого граничного значення тиску

відбувається небажана зміна структури тіста, погіршення його якостей при збільшенні витрат електроенергії. При цьому раціональна механічна обробка позитивно впливає на колір м'якуша, сприяє поліпшенню структури пористості, підвищенню газоутворюючої здатності тіста, що позитивно впливає на якість готових виробів.

З аналізу дослідів, проведених у ВНДХПі, встановлено, що стискання до $2 \cdot 10^5$ Па справляє позитивний вплив на кінцевий продукт. Виходячи з цього, верхню межу робочого тиску автори пропонували обмежити саме цим значенням [1]. Але краща комбінація показників якості тіста досягається при його величині $(1-2) \cdot 10^5$ Па. При меншому тиску знижуються витрати енергії, майже вдвічі зменшуються максимальні навантаження на всі рухомі елементи машини, підвищується довговічність і безвідмовність роботи.

Відмічено [2], що при розділенні тіста на шматки процес базується при додержанні певного стискання його перед подачею в зону течії. Тому в управлінні даними процесами вирішальне значення належить механічним впливам, форма і інтенсивність яких в значній мірі визначають умови проведення технологічного процесу і кінетику додержання встановленої структури тіста. Інакше кажучи, вимагається розробка принципово нових методів, в яких деформація тіста піддавалась розтягуванню, стисненню, зсуву, витікаючи із основних уявлень фізико-хімічної механіки. Саме головне в цій системі – додержання основних вимог якісного збереження тіста із заданими властивостями з мінімальними затратами тривалості деформації. В машині повинні бути реалізовані всі наведені параметри механічного впливу, які забезпечують допустиме руйнування структури на стадіях розділення по всім об'ємі і максимальну однорідність розподілення фаз процесу структуроутворення. Перевищення допустимого руйнування тіста приводить до негативного впливу на його консистенцію та викликає збільшення прилипання до стінок робочої камери.

Складові тіста можна об'єднати в три групи, що утворюють відповідні фази: рідку, тверду і газову. Рідку фазу представляє вода, яка може мати різні форми зв'язку з рештою інгредієнтів. Кількість її, визначається рецептурним складом виробів і коригується з урахуванням гідрофільних властивостей компонентів борошна. Взагалі, залежно від виду і сорту виробів, способів технологічної обробки, вологість борошняного тіста може досягати значної величини. Однак, незважаючи на слабку

енергію зв'язку такої вологи, видалення її з тіста механічним шляхом неможливе, тому при поділіці тісто розглядається як двофазна система, де однією фазою є твердо-рідинна, іншою – газова. Газова фаза тіста формується за рахунок газоподібних продуктів (в основному вуглекислого газу), утворених при спиртовому бродінні.

Аналіз літературних джерел показав, що збільшення об'єму пухирців пов'язано з дифузією CO_2 через стінки пор в напрямку від більшого надлишкового тиску, характерного для пухирців малих розмірів, до меншого тиску, в результаті чого відбувається його вирівнювання. Відносний вміст твердо-рідкої і газової фаз в тісті значно впливає на його структурно-механічні властивості. Так, збільшення кількості газоподібних продуктів і вологості тіста робить його структуру більш пористою, зменшує міцність і питому вагу.

Загальний принцип дослідження реологічних характеристик тіста полягає у визначенні взаємозв'язку між прикладеним навантаженням, створеним нагнітачем, та деформацією тіста. В залежності від видів навантаження, якими можуть бути крутний і згинальний моменти, розтягувальне і стискувальне зусилля, тісто зазнаватиме різних типів деформацій [4].

Схема моделювання процесу ділення тіста представлена на рис.3.3. Формулювання математичної моделі поведінки досліджуваного середовища процесу поділки тіста в робочій камері машини слід з урахуванням реологічних особливостей тіста, що деформується, а також явищ, характерних для даного процесу – тертя і ступінь розпушування тіста; розтягування, кручення; стискання на дільниці переміщення по робочій камері.

Конструкція профілюючого каналу робочої камери і поверхня нагнітального та живильного валків мають вирішальне значення в процесі поділки тіста для отримання якісних готових виробів. Очевидно, що вплив кута входу тістової маси при нагнітанні у робочий канал робочої камери, його довжина, відношення змінної площі камери стиснення до площі профілюючого каналу на стан процесу та явище витікання тіста дозволяють запропонувати найбільш раціональну форму робочої камери і поверхні валків. У цьому випадку вдається уникнути застійних зон і забезпечити більш рівномірну швидкість руху до ножа - відсікача.

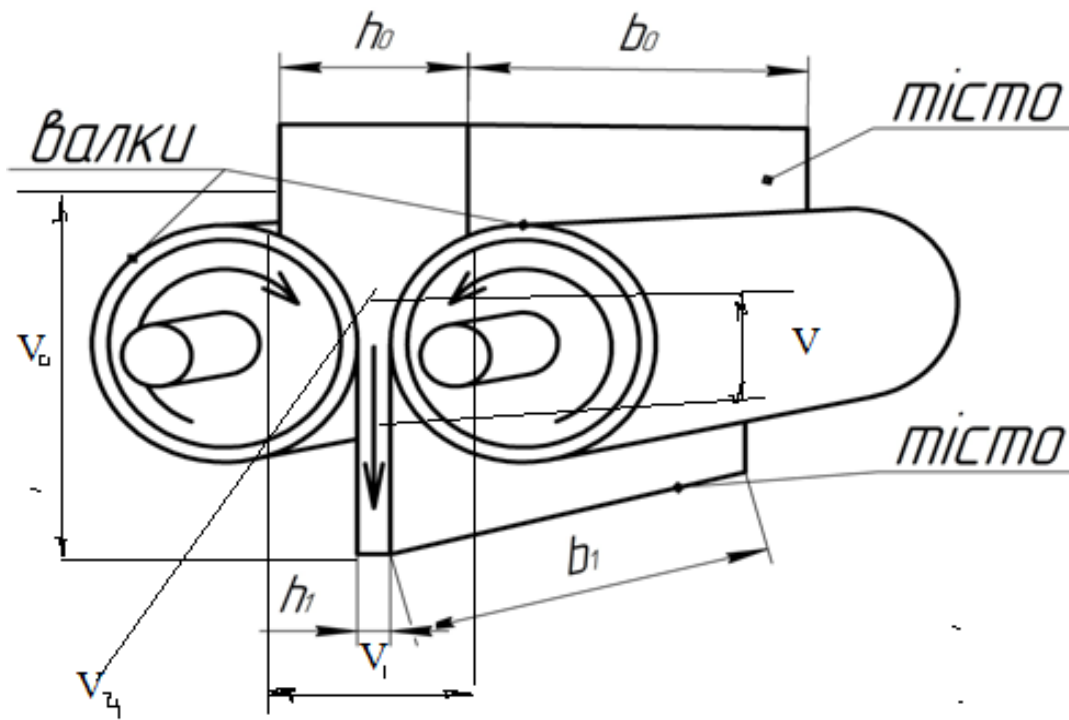


Рис. 3.4. Схема моделювання процесу нагнітання тіста на машині Б4-58: V_0 - об'єм робочої камери; V_1 - об'єм камери стискування; V_3 - буферний об'єм; V_4 - об'єм мірної камери.

3.4.1. Дослідження процесу нагнітання тіста валками у камеру стиснення

Валкові нагнітачі застосовують на багатьох тісто подільних машинах, призначених для переробки пшеничного тіста. Продуктивність і робочий тиск, створюваний в зоні нагнітання значною мірою залежить від температури і властивостей тіста.

Хоча процес нагнітання тіста за допомогою валків на перший погляд уявляються простим, але побудова його математичної моделі і пошук основних розрахунків залежностей досить складний. В загальному випадку продуктивність двовалкового нагнітача (кг/с), що має валки різного діаметру, які обертаються з різною швидкістю, визначається за формулою:

$$\Pi = \pi r \delta (R_1 n_1 K_1 + R_2 n_2 K_2)$$

Де: r – середня густина тіста, кг/м^3 ; δ – ширина щілини, м; ι – довжина робочого ланцюга живильника; (R_1, R_2 – радіуси валків, м; n_1, n_2 – частота їх обертання, с^{-1} ; K_1, K_2 – коефіцієнти подачі тіста, які залежать від діаметру валка і консистенції тіста. Для тіста

з пшеничного борошна 1 та вищого сорту К становить 0.7 при $R=0.15$ м, при зменшенні R – знижується.

В залежності від прийнятої схеми машини вказані операції можна поєднувати, змінювати послідовність або зовсім вилучати. Всі ці операції здійснюються у вузлі нагнітання машини та визначають її робочий процес.

Ціль модернізації полягає в тому, щоб зменшити об'єм робочої камери V_0 за рахунок якісного нагнітання тіста. Це створює умови для зменшення механічного впливу на структурно механічні властивості тіста. А це, в свою чергу, сприяє якості розділеної тістової заготовки.

Камера стиснення — V_1 .

ОСТ- V_2 , визначає об'єм тіста, який в даній машині відсутній. Така конструкція сприяє кращій роботі машини з відхилення маси заготовки від норми.

Буферний об'єм V_3 , визначає частину робочої камери, в якій знаходиться 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 мірної камери V_4 не входить в об'єм робочої камери, бо вони з'єднуються з останньою лише на час заповнення тістом, а потім роз'єднуються.

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.

Враховуючи вище викладене, проведемо визначення усіх складових, згідно рис.3.1, які будуть використовуватися в подальшому. Величину даних об'єктів змінюємо так, щоб оптимальний тиск в робочій камері відповідав величині $p_p = 0.08 \cdot 10^4 \text{ Па}$. При даному тиску реологічні властивості тістової заготовки мають найкращі показники і процес поділки відбувається з великою точністю. Для визначення тиску в робочій камері складаємо пропорцію:

$$\frac{P_{p \text{ поч.}}}{V_{p \text{ кінц.}}} = \frac{P_{p \text{ пов.}}}{V_{p \text{ пов.}}};$$

$$P_p = \frac{P_{p \text{ поч.}} \cdot V_{p \text{ поч.}}}{V_{p \text{ кінц.}}};$$

Робочий тиск дорівнює $P_p = 0,02$ мПа. Об'єм робочої камери $V_0 = 3.4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$.

Об'єм робочої камери визначається за формулою: $V_p = V_1 + V_4$;

Мінімальний стабілізаційний тиск відповідає $K_2 = 0.035$.

При $g = 1.1$ кг V_4 становить, $V_4 = 2 \cdot v_0 \cdot g_0$;

Коефіцієнт стиснення тіста в робочій камері: $K_4 = V_4/V_0$;

Буферний об'єм V_3 визначає частину робочої камери в якій залишається тісто після завершення робочого циклу. Із його збільшенням підвищується механічна пробка тіста і сталість у відношенні точності дозування. Але надмірне збільшення буферного об'єму приводить до збільшення енергоспоживання і погіршення властивостей тіста.

Величину буферного об'єму визначається з різниці

$$V_3 = V_1 - V_4;$$

Коефіцієнт буферного об'єму K_3 , показує яку частину робочої камери займає буферний об'єм:

$$K_3 = V_3/V_0$$

Коефіцієнт стискання знаходиться з рівняння:

$$K_1 = v_0/v_1$$

Де: v_0 – початковий питомий об'єм; v_1 - питомий об'єм після стискання.

Справедливість розрахунку перевіряється за рівнянням: $K_1 = K_3 + K_4$;

Через те, що тиск на валки передається по нормалі, на підставі робочого тиску і зміни його по довжині робочої камери можна визначити сили, що діють на валки в зонах живлення і нагнітання. Ці сили розглянуті у подальших розділах математичним моделюванням течії тіста.

3.5. Методика визначення точності роботи машини на основі статистичного моделювання

Точність поділу заготовок є основним показником якості роботи формувальної машини. Після поділу тіста на шматки воно підлягає цілому ряду технологічних

операцій, які супроводжуються зміною маси, тому за масою готових виробів важко встановити, на якому етапі технологічного процесу або операції відбулась її зверхнормативна зміна. Максимальне відхилення маси десяти одночасно зважених виробів не повинно перевищувати 2,5 % номінальної маси, одного виробу — 3,0 %.

За ОСТ 27-31—78 похибка поділу тістоділильних машин не повинна перевищувати 2 % при масі заготовок від 0,4 до 1,8 кг, для дрібноштучних — 3 %. За паспортними даними цей показник не перевищує 2,5 %.

Коливання маси заготовок за середньоквадратичним відхиленням виборки

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{g})^2}{n-1}}$$

Коефіцієнтом варіації статистичної точності

$$V = \frac{\sigma}{g_0} 100\%$$

3.5.1. Методика проведення досліджень визначення температури в тісті

В роботі використано методику комплексного визначення ефективних теплофізичних характеристик батонного тіста та експериментально встановити залежність теплопровідності λ , об'ємної теплоємності c_p , температуропровідності a від температури на етапах його випікання. Розрахунки виконані при умовах: температура навколишнього середовища $T_c = 18^{\circ}\text{C}$; початкова температура тіста $-25 \dots 28^{\circ}\text{C}$; товщина шару тіста на кондитерським листі прийнята $- 60-72\text{мм}$; середня швидкість обертання тіста $- 0.02.0\text{м/с}$, густина $\rho=1165\text{кг/м}^3$.

Використано гарячий мідно-константановий спай термопару із відповідною градуйованою таблицею. При комплексних температурних вимірюваннях одночасно в декількох координатах об'єкту використано батарею диференціальних мікротермопарів, в яких кількість одиночних спаїв становить шість. Холодний спай батареї є загальним (рис.2.4). Гарячі спаї в батареях рівні кількості точок вимірювального приладу.

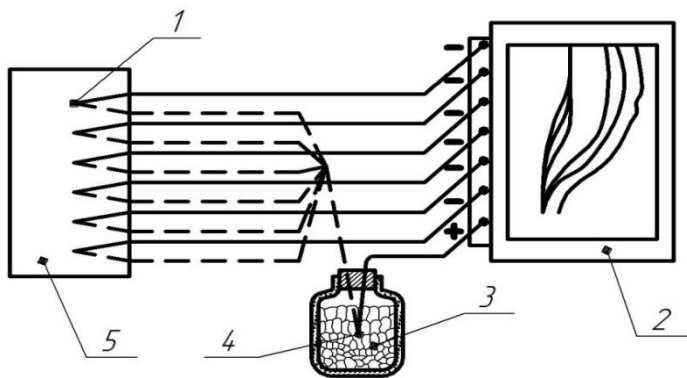


Рис.3.4. Схема пристрою для вимірювання температур за допомогою батареї мікротермопар: 1 - гарячий спай, 2 - багатоточковий електронний потенціометр, 3 - посудина Дьюара, 4 - загальний холодний спай, 5 – досліджуваний об'єкт.

Виникаюча термо-ЕДС термопар пропорційна різниці температур гарячого і холодного спаїв, що вимірюється приладами компенсаційного типу - потенціометрами або мілівольтметрами.

Градуювання термопар. Надійність результатів при температурних вимірах за допомогою термопар забезпечували попереднім градуюванням виготовлених термопар безпосередньо в лабораторних умовах. Градуювання термопар полягає у визначенні потенціалів виготовленої батареї термопар і відповідних їм показникам еталонного термометра (рис.3. 5).

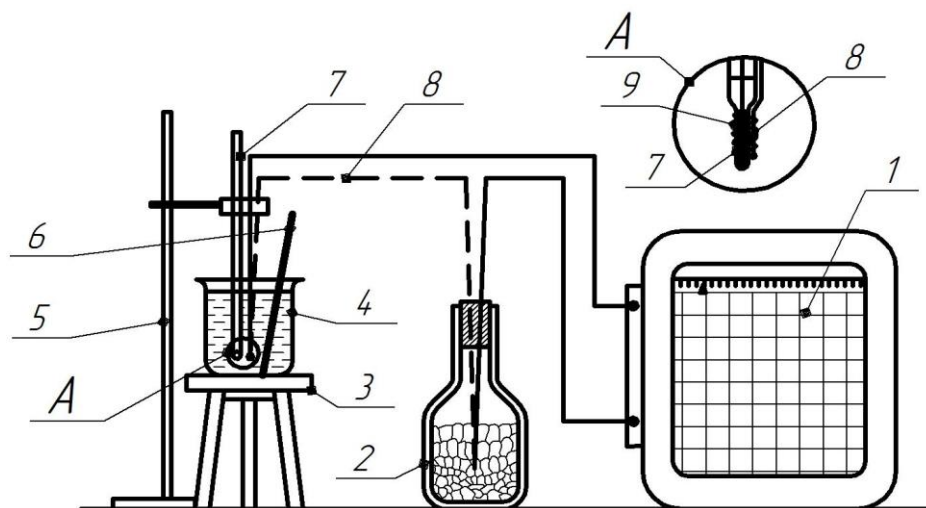


рис.3.5. Схема установки для градуювання термопар: 1 - вимірювальний самозаписуючий пристрій, 2 - посудина Дьюара з талим льодом, 3 - електронагрівач, 4 - ємність з робочою рідиною, 5 - штатив для кріплення термометра і термопар; 6 -

скляна паличка для перемішування; 7 - ртутний термометр, 8 - одиночна мідно-константанова термопара; 9 - нитка для закріплення гарячого спаю термопари.

Оцінку дисперсії для кожної серії дослідів використано формулу:

$$S_i^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (y_j - \bar{y}_j)^2$$

При числі дослідів в серії $K = 3$:

$$S_i^2 = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^k (y_j - \bar{y}_j)^2$$

Оцінка дослідів проведена за критерієм Кохрене:

$$Gr = \frac{(S_i^2)_{max}}{\sum_{i=1}^k S_i^2}$$

Для температури верхньої поверхні батона:

$$Gr = \frac{7}{19,34} = 0,0036$$

Отримані розрахункові значення критерію Кохерна Gr порівняно з табличним значенням при N і $F = K - 1$.

Визначення порога чутливості вимірювальних приладів. Допустиме значення порогу чутливості задано в частках основної похибки приладу (25-50%).

Визначення метрологічного показника. За основу взято правило трьох сигм метрологічного показника A для використовуваних вимірювальних засобів:

$$A = \frac{3\delta}{\bar{y}_j}$$

де δ - середньоквадратичне відхилення при повторенні вимірювань,

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y}_j)^2}{n - 1}}$$

\bar{y}_j - середня величина вимірюючого параметру,

$$\bar{y}_j = \frac{\sum_{j=1}^n y_j}{n}$$

n - кількість повторень вимірювань.

Умовою достатньої точності для експериментальних досліджень є значення $A = 0,1:A$

$$= \frac{\sqrt[3]{\frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y}_j)^2}{n-1}}}{\frac{\sum_{j=1}^n y_j}{n}}$$

4. Обґрунтування запропонованого математичного підходу до визначення впливу конструктивних елементів машини на течію тіста

4.1. Енергетичний підхід до процесу дії валків на тісто

Деформування структури середовища пов'язане з енергетичною взаємодією джерела енергії і тіста, що піддається дії валків. Перенесення енергії можливе або у вигляді імпульсу сили при безпосередньому контакті, або у вигляді кванта випромінювання. Енергетична дія зовнішніх сил на середовище може супроводжуватися перенесенням маси, теплоти, фізико-хімічними ефектами, адгезійними та ін. Основні способи передачі енергії тістові, на які впливає дія валків, наступні: **масові** – силову дію формують гравітаційні, відцентрові або інерційні сили; **хімічні способи** диспергування – засновані на об'ємному розширенні продуктів хімічної реакції, або на втраті енергії зв'язку, хімічної реакції, хімічної спорідненості частини матеріалу з основним масивом середовищ; мікробіологічні способи диспергування засновані на хімічній або ферментативній дії бактерій, плісняви і рослин на матеріал; гідродинамічні способи, рушійною силою яких є тиск струменя рідини або газу, або перепад тиску в об'ємі тіста [5,6].

Вирішення основних технологічних і споживчих завдань валкового нагнітання при частковому додатковому змішуванні компонентів в тісті, при його подачі в зону безпосередньої валкової дії (нагнітання) є отримання рівномірної якісної течії в мінімальні терміни, при мінімальних витратах енергії та належної якості. Деяким інтегральним показником додаткового змішування в робочій камері може служити величина [10].

$$\varepsilon = \frac{V \cdot J}{\tau \cdot N},$$

або
$$\varepsilon = \frac{Q \cdot J}{N}, \quad (4.1)$$

де V – об'єм робочої камери в зоні дії валків, м^3 ; Q – об'ємна продуктивність переміщення з частковим перемішування, $\text{м}^3/\text{с}$; N – витрати усіх видів енергії на процес, Вт; J – критерій якості переміщення; критерій J може бути визначений із виразу[5]

$$J = \frac{\sigma^2}{S^2}$$

де σ – генеральна дисперсія розподілу ключового компонента в суміші; S^2 – дисперсія абсолютно не змішаної системи.

Аналіз якісно – енергетичного показника ефективності додаткового змішування^ε показує, що його регулювання можливе шляхом скорочення часу дії валків, або зниженням витрат потужності на процес нагнітання. Таким чином дія валкових робочих органів, для досягнення максимальної ефективності процесу, повинна відповідати наступним вимогам:

- максимальна кількість поверхонь зсуву, що утворюються за одиницю часу;
- максимальна кількість складових рухів валків, що дозволяють надавати масі середовища поступальне і обертове переміщення відносно площин зсуву і одній навколо іншої;
- адаптивність поверхонь валків, що забезпечують мінімальний опір його переміщення в просторі і самоустановлювальний характер миттєвого положення в середовищі під дією зовнішнього опору;
- комбінація різних видів і способів підведення енергії на компенсацію зміни положення часток тіста, розривань внутрішніх зв'язків і дифузійне перенесення;
- плавна швидкість течії маси тіста при не сталому характері руху валків;
- мінімальні витрати на дисипацію енергії в тепло та в'язке тертя.

Для оцінки ефективності роботи валків можна за критерій використовувати коефіцієнт корисної дії

$$\eta = \frac{A_n}{A_n + A_{np} + A_{nl}}$$

де A_n - робота утворення нової поверхні середовища, Дж; A_{np} - робота пружної деформації; A_{nl} - робота пластичної деформації.

Цей показник фізично цілком обґрунтований, оскільки показує відношення корисних витрат енергії до загальних. Разом з тим, практичне застосування критерію ускладнене, оскільки правильно оцінити величину корисних робіт практично неможливо. Для розрахунку A_n у формулі Ребіндера [6] необхідно знати величину коефіцієнта пропорційності K_s , інформація про який також обмежена.

Продуктивність валкових робочих органів, виражена в кілограмах або тонах за годину, не характеризує ефективність їх роботи. В цьому відношенні більш обґрунтовано

виражати продуктивність в абсолютному прирості нової поверхні ΔS м²/год. Проте вимір приросту поверхні ускладнений, тому цей приріст виразимо через характеристики матеріалу середовища і продуктивність валків. Питому поверхню дисперсного середовища S_d визначають за формулою [4]:

$$S_d = \frac{S_M}{V_M} = \frac{n6\pi d_e^2}{n\pi d_e^3} = \frac{6}{\psi \cdot d_e}, \quad (4.2)$$

де S_M зміна сумарної площі поверхні середовища в одиницю часу м²/с; V_M об'ємна продуктивність, м³/с; ψ чинник форми бульбашок в середовищі; n – кількість бульбашок.

Враховуючи те, що наше тісто має у своїй структурі бульбашки, тому кількість і розміри бульбашок газу визначають енергією, структурно-механічними властивостями тіста, його газопроникливістю.

Величина утворених бульбашок в кожний момент часу буде залежати від рівноваги його розтягуючих сил: $P_p = \pi r r^2$

і стискаючих сил: $P_c = 2\pi r \sigma$

де ρ, π, r, σ - відповідно густина, радіус, поверхневий натяг бульбашки.

При наявності відповідного збиткового тиску і середнього розміру газових бульбашок можна розрахувати швидкість їх підймання по закону Стокса. Враховуючи вище приведене та постійну зміну площі, а це швидкості руху тіста під дією валків, запишемо рівняння для визначення величини його швидкості:

$$V = 2gr^2(\rho_2 - \rho_1)/9\eta$$

де g - константа гравітації; η - ефективна в'язкість тіста; $\rho_1 \cdot i \cdot \rho_2$ - густина газу і тіста.

Дане рівняння має практичне значення, що дозволяє встановити залежність швидкості збільшення площі тіста від густини і в'язкості, розмірів окремих бульбашок. Це також визначає енергію зміни середовища. Підрахована по рівнянню швидкість зміни об'єму пшеничного тіста із борошна першого сорту густиною 1.2 із середнім радіусом пор 1мм [6] 1мм і в'язкістю 10⁴ Па с, складає 10 мм/хв.

Визначаючи з формули (3.2) S_M , отримуємо:

$$S_M = \frac{6V_M}{\psi d_e} \quad \text{або} \quad S_M = \frac{6G_M}{\psi d_e \rho_M}$$

де ρ - густина середовища, кг/м³; G_M – масова продуктивність, кг/с; V_M – об'ємна продуктивність, м³/с.

4.2. Моделювання роботи вузла нагнітання

Під час вибору тістоформуєчих пристроїв слід враховувати властивості продукту. Зокрема тісто при формуванні веде себе (в певному інтервалі тиску) як стискувана пластично-в'язка рідина.

Об'ємна маса тіста під час формування зростає, а після знаття стискаючого навантаження – протягом 1-2 с повертається до значення, близького до початкового. На рис. 5.1 показана крива стиску (суцільна лінія) і наступного розширення (штрихова лінія) пшеничного хлібного тіста.

Експериментально доведено, що значне зростання ступеня ущільнення тіста спостерігається лише в межах тиску стискання $p=3\div 4$ атм, при подальшому ж підвищенні тиску це зростання дуже незначне, і тісто веде себе як практично нестискувана рідина. Встановлено також, що величина об'ємної маси тіста, підданого стисканню в замкнутому просторі після зняття навантаження виявляється в середньому на 3% вищою від початкової незалежно від ступеня ущільнення при стиску. В результаті опрацювання експериментальних кривих для ступені ущільнення

$$\varphi = \frac{1 + p}{1 + \frac{p}{K_p}}$$

стискуваного тіста отримано вираз

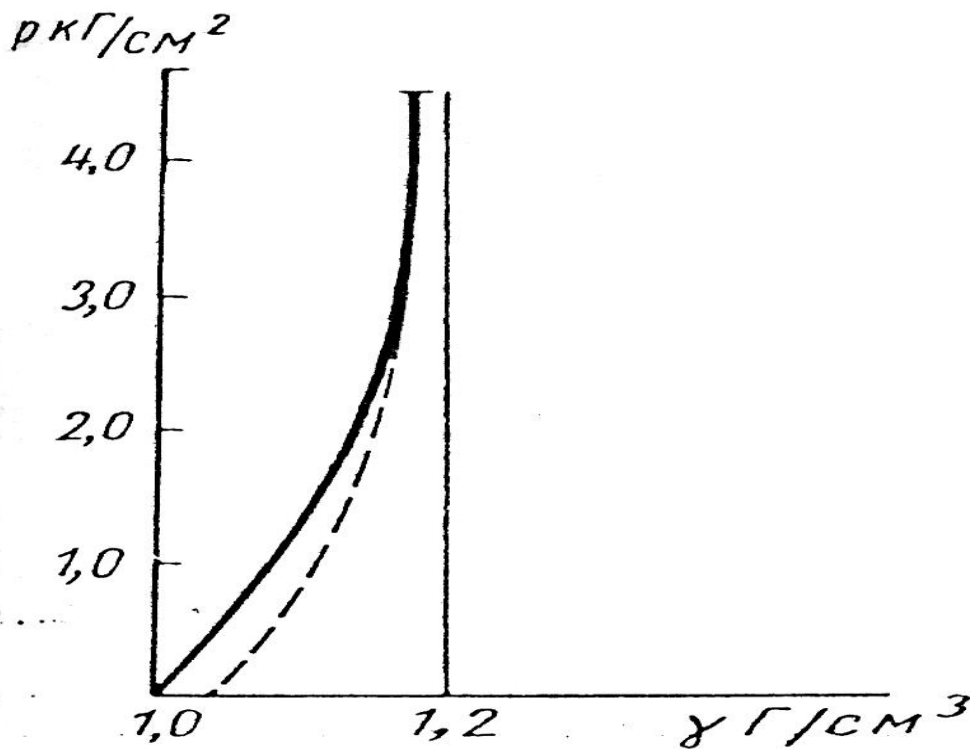


Рисунок 5.1.- Діаграма стискання і розширення тіста при формуванні.

де $\varphi = \frac{\gamma_m}{\gamma_0}$ – коефіцієнт ущільнення – відношення об'ємної маси стиснутого тіста (γ_m) до об'ємної маси тіста до стискання (γ_0);

P – надлишковий тиск в камері нагнітання;

$K_p = \frac{\gamma_0}{\gamma_m}$ – коефіцієнт розпушеності вихідного тіста, рівний відношенню об'ємної маси оболонок комірчастої структури тіста (γ_0) до об'ємної маси тіста (γ_m).

Після нескладних перетворень отримуємо

$$\frac{\gamma_m}{\gamma_0} = 1 - \frac{K_p - 1}{P + K_p}$$

Величина $K_p - 1$ невелика і, збільшуючи P , можна другий член правої частини формули зробити дуже малим, а $\frac{\gamma_m}{\gamma_0}$ – незалежним від значення K_p . Як видно з графіка рис. 5.1, інтерпретуючого залежність при тиску, наприклад в 2 бари, коливання γ_m складають приблизно 1,5% на кожні 5% зміни степені розпушеності. На практиці значне поширення отримали машини, в яких максимальний тиск підтримується сталим або змінюється дуже мало. Для цих машин відносне відхилення в масі частин тіста

(γ_{m1} і γ_{m2}), що задається зміною розпушеності вихідного продукту,

$$B = \frac{\gamma_{m2} - \gamma_{m1}}{\gamma_{m1}} \cdot 100\%$$

. Величину B можна легко отримати з формули:

$$B = \frac{(p + K_{p1} - p - K_{p2}) \cdot 100}{p + K_{p2}} = (\beta - 1) \frac{100}{\frac{p}{K_{p2}} + 1} \%$$

де $\beta = \frac{K_{p1}}{K_{p2}} = \frac{\gamma_{m2}}{\gamma_{m1}}$ – коефіцієнт зміни щільності вихідного тіста.

Позначивши $(\beta - 1) \cdot 100 = A\%$, отримаємо

$$B = A \frac{1}{\frac{p}{K_{p2}} + 1} \quad \text{або} \quad B = \frac{A}{K_c};$$

тут K_c – коефіцієнт саморегулюючої здатності машини (інакше – коефіцієнт саморегулювання), величина якого змінюється з зміною розпушеності вихідного тіста (K_{p2}). Для машин з $p = \text{const}$ величину K_c в залежності від K_{p2} можна визначити за

графіком:

$$K_c = 1 + \frac{p}{K_{p2}}.$$

Якщо вибрані умови роботи машини (p ; K_p), то вибрано і коефіцієнт саморегулювання K_c , який для машин з $p = \text{const}$ змінюється мало., так як $B > 1,1$ (рис.4.2).

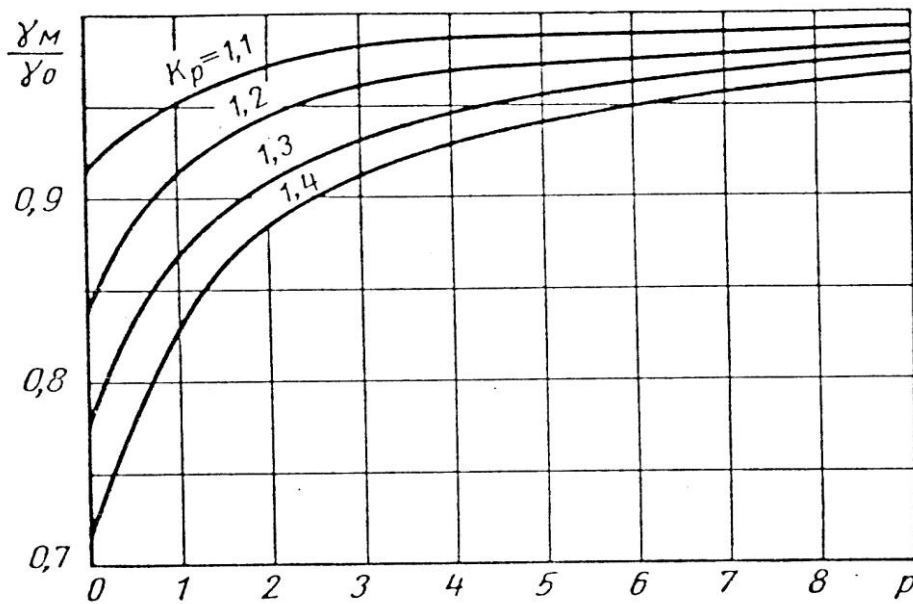


Рис. 4.2.— Графік наближення об'ємної маси формованого тіста до об'ємної маси неформованого тіста.

Значить, в розглядуваних машинах відхилення в масі частин тіста приблизно пропорційні відхиленням в об'ємній масі вихідного тіста, але в K_c разів менше.

Наприклад: $B=3\%$; $A=10\%$; $K_{p2}=1,3\%$; $p=2,6\text{кГ/см}^2$.

Таким чином, максимальний коефіцієнт саморегулювання можна визначити з виразів

$$\max K_c = \frac{A_{\max}}{B_{\max}}; \quad \max K_c = 1 + \beta_{\max} \frac{p}{K_{p1}}$$

Розрахунок валкових машин з еластичною ланкою в приводі здійснюється так само, як і в машин з постійним натиском, а саме: за заданими A , B , K_p , γ_m визначаються K_c , p , γ і γ_m , а за ними об'єм мірників. Задаючи об'єм буферного простору W_6 , знаходять об'єм камери W_k за формулою

$$\varphi = \frac{W_k + W_m}{W_m + 0,97W_6}$$

Енергетичні затрати визначаються в основному роботою ізотермічного стиску заключеного в ньому газу:

$$A_{y\partial} = 100 \left(1 - \frac{1}{K_p} \right) \ln \left(1 + \frac{\varphi - 1}{1 - \frac{\varphi}{k_p}} \right) \text{кДж/м}^3 ;$$

$$A_{y\partial} = 10,3 \left(1 - \frac{1}{K_p} \right) \ln \left(1 + \frac{\varphi - 1}{1 - \frac{\varphi}{k_p}} \right) \kappa \Gamma M / \partial M^3;$$

$$A_{сж} = A_{y\partial} (W_{\kappa} + W_{\mathcal{M}}) \kappa ДЖс (\kappa \Gamma M);$$

$$N_{сж} = \frac{A_{сж}}{t} \kappa B m (\kappa \Gamma M / c),$$

де t – час стискання тіста в с;

$A_{сж}$ – визначається за графіком рис. 4.2.

З врахуванням попереднього середня потужність двигуна для формувочних машин може бути також обчислена за формулою

$$N_{cp} = \frac{A_{y\partial}}{\gamma_m} \cdot Q \frac{1 + 0,97 \frac{W_{\delta}}{W_{\mathcal{M}}}}{\eta_m} \kappa B m,$$

де Q – продуктивність нагнітача в $\kappa \mathcal{Z} / c$;

η_m – К.К.Д приводу;

γ_m – Об'ємна маса тіста до стискання в $\kappa \Gamma / M^3$.

4.3. Моделювання процесу течії тіста між валками

В поперечному перерізі використано граничні умови прилипання тіста до поверхні барабана. Виділимо в зоні течії криволінійну трапецію, що обмежена перерізами x і x_1 . Визначимо потік вектора швидкості через замкнутий контур, проінтегрувавши рівняння нерозривності по висоті зазору:

$$\int_0^h \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} \right) dy = \int_0^h \frac{\partial v_x}{\partial x} dy + V \sin \alpha = 0 \quad (4.1)$$

Враховуючи відношення, що пов'язує між собою процес руху тіста

$$\frac{d}{dx} \int_0^h v_x dy = \int_0^h \frac{\partial v_x}{\partial x} dy + \frac{dh}{dx} v_x(h), \quad \frac{dh}{dx} v_x(h) = \operatorname{tg} \alpha \cdot V \cdot \cos \alpha \quad (4.2)$$

одержимо рівняння нерозривності в інтегральній формі:

$$G = 2 \int_0^h v_x dy \quad (4.3)$$

Об'ємні витрати тіста G постійні по довжині зони течії. При даних припущеннях течія тіста записується системою диференціальних рівнянь руху і реологічного стану:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \rho g, \quad \frac{\partial p}{\partial y} = 0, \quad G = 2 \int_0^h v_x dy, \quad \tau = \eta \dot{\gamma}, \quad (\dot{\gamma} = \partial v_x / \partial y). \quad (4.4)$$

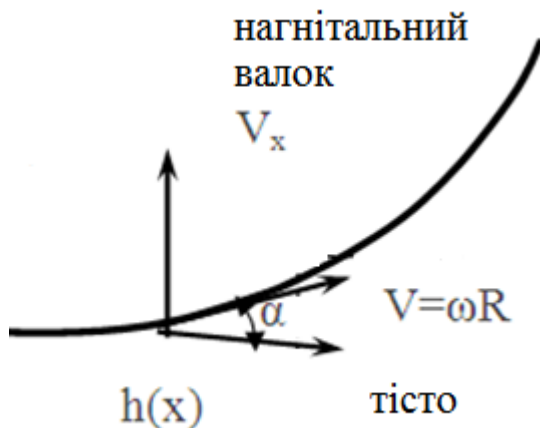


Рис.4.3. Граничні умови на поверхні нагнітального валка.

Кінематичні умови для поверхні нагнітального валка (прилипання) записано при припущенні наступних співвідношеннях для компонентів швидкостей (рис.3.3): $v_x = V \cdot \cos \alpha \approx V$, $v_y = V \cdot \sin \alpha = V \cdot x/R$. Останнє співвідношення при $x/R \ll 1$. Плоска течія тіста в зазорі валків описується системою рівнянь (модель Шведова-Бінгама та Гершеля-Балклі).

Вважаємо течію ізотермічною і стаціонарною ($\partial/\partial t=0$). Течія зверху-вниз ($g_y=0$, $g_x=g$). Гравітацію частинок нехтуємо. Густина тіста не змінюється ($\rho=\text{const}$). Сили вязкого тертя співнадають з силами власної ваги. Швидкість обертання валків мала і сили інерції значно менші сил вязкого тертя. Кутова швидкість валків різна, течія не симетрична.

Складова девіатора тензора напружень для реологічної моделі вязкопластичної рідини Гершеля-Балклі ($\tau = \tau_0 + \eta \dot{\gamma}^m$) обчислюється за формулами [2,3]

$$\tau_{xx} = 2B \frac{\partial v_x}{\partial x}; \quad \tau_{xy} = B \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right); \quad \tau_{yy} = 2B \frac{\partial v_y}{\partial y}; \quad (4.5)$$

$$B = \left(\frac{\tau_0}{A^m} + \mu_0 \right) A^{m-1}; \quad A = \left[2 \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} \right)^2 + 2 \left(\frac{\partial v_y}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial v_x}{\partial y} + \frac{\partial v_y}{\partial x} \right)^2 \right]^{1/2}.$$

З урахуванням прийнятих припущень рівнянь, (модель Шведова-Бінгама) течія буде визначатися системою диференціальних рівнянь руху, нерозривності і реологічного стану:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \rho g, \quad G = 2 \int_0^h v_x dy, \quad \begin{cases} \gamma = 0, & |\tau_{xy}| < \tau_0, \\ \tau_{xy} = s\tau_0 + \eta\gamma, & |\tau_{xy}| \geq \tau_0, \end{cases} \quad (4.6)$$

де $s = \text{sign}(\gamma)$ – знак швидкості зсуву, $\gamma = \partial v_x / \partial y$ – швидкість зсуву, ρ – густина тіста, τ_0 – допустиме напруження зсуву, τ_{xy} – дотичне напруження, η – пластична вязкість.

Рішення даних рівнянь можливе різними методами. Аналітичний підхід при послідовній підстановці невідомих є складним і проблематичним для практичної реалізації. Простіше рівняння вирішується чисельним методом з використанням ЕОМ, або графічним при побудові відповідних залежностей. Рівняння (3.5, 3.6) дозволяє визначити величину невідомих дотичних напружень. Тому аналітичне рішення рівняння (3.5) дозволяє знайти складові величин А і В, що описує форму руху нагнітання тіста між валками.

Так як відносна довжина зони течії незначна, тому зміну тиску в поперечному перерізі зазору ($\partial p / \partial y \approx 0$), тобто $p = p(x)$. Оцінка складових девіатора тензору напружень: $\tau_{xx} \ll \tau_{xy}$; $\tau_{yy} \ll \tau_{xy}$; $\tau_{xy} \approx B(\partial v_x / \partial x)$. Дopusкаємо $\tau_{xx} = \tau_{yy} = 0$, $\tau_{xy} = \tau_0 s + \eta(\partial v_x / \partial y)^m$, $s = \text{sign}(\partial v_x / \partial y)$. З рисунка 5.2 видно, що в даній точці А швидкість рухомого тіста направлена перпендикулярно до вибраної осі. Обчислення модуля швидкості v , складових v_x і v_y швидкості течії тіста, а також складових об'ємного розходу тіста G_x та G_y визначається із врахуванням пропорційності руху тіста біля поверхонь нагнітального валка і живильного валка (середня гармонійна швидкість):

$$V = (v R_2 + v_1 R_1) / (R_2 + R_1).$$

Методом потенціалів визначаємо абсолютну величину складових швидкостей руху тіста між валками в зоні нагнітання (точка А).

$$V_x(x, y) = V_{x0} / [(x+x_0)^2 + (y+y_0)^2 + 1].$$

де V_{x0} - складова швидкості в точці А, м/сек.;

x, y - поточні координати в даній точці.

Аналітичний вираз складових параметрів А і В диференціального рівняння (4.5) переведено в двовимірний масив дискретних числових значень:

$$A(x, y) = \sqrt{2 \cdot \left(\frac{d}{dx} \cdot v_x(x, y) \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{d}{dy} \cdot v_y(x, y) \right)^2 + \left(\frac{d}{dy} \cdot v_x(x, y) + \frac{d}{dx} \cdot v_y(x, y) \right)^2}$$

$$\tau_{xx}(x, y) = 2 \cdot B(x, y) \cdot \frac{d}{dx} v_x(x, y)$$

$$\tau_{yy}(x, y) = 2 \cdot B(x, y) \cdot \frac{d}{dy} v_y(x, y)$$

$$B(x, y) = \frac{\tau_0}{A(x, y)} + \eta \cdot A(x, y)^{m-1}$$

$$\operatorname{div} v(x, y) = \frac{d}{dx} v_x(x, y) + \frac{d}{dy} v_y(x, y)$$

$$dp_x(x, y) = \rho \cdot \left(g - v_x(x, y) \cdot \frac{d}{dx} v_x(x, y) - v_y(x, y) \cdot \frac{d}{dy} v_x(x, y) \right) + \frac{d}{dx} \tau_{xx}(x, y) + \frac{d}{dy} \tau_{xy}(x, y)$$

$$\tau_{xy}(x, y) = B(x, y) \cdot \left(\frac{d}{dy} v_x(x, y) + \frac{d}{dx} v_y(x, y) \right)$$

Розв'язок рівняння (4.5 і 4.6) та аналіз параметрів механізму нагнітання доцільно провести шляхом постановки та проведення числового експерименту в програмі MathCAD, що дає змогу змоделювати графічне представлення похідної по осі x і y зміни тиску в області нагнітання.

4.4. Математично-статистичне моделювання дії валків на тісто

Присутність повної взаємодії тіста на рівні стану насичення в рідинній фазі встановлює на їх поверхнях поділу фаз газ – рідина-тверде тіло і в рідинній плівці, в якій спричиняється головна зміна концентрації, опір масопередачі, перебіг прискорення розчинення. Тому швидкість процесу нагнітання не тільки зовнішньо, а і відповідає суті фізико-хімічним явищам. Такий висновок заслуговує на експериментальну перевірку і розробку пропозицій щодо використання. Особлива потреба в ефективній технології нагнітання стосується технологій, в яких частково присутній інтенсивний аераційний процес, що стримує їх продуктивність та ефективність. Важливо, що в обох цих напрямках слід очікувати підвищення результативності технологічних процесів.

Утворені Імпульсні енергетичні впливи на основі накопичених енергетичних потенціалів при нагнітанні тіста в хлібопекарській галузі мають привести до обмеження матеріальних втрат. Реалізацію явищ зміни концентрації в утворюваних середовищах в технологіях слід розглядати на рівні методу моделювання.

Враховуючи стискання тіста при їх переміщенні, де зміна взаємодії шарів відбувається між робочими валками, в просторі робочої камери і її поверхні, складено задачу планування експерименту із використанням повно факторного експерименту другого порядку. При двох факторах модель функції експерименту має вид: $y=f(x_1, x_2)$

PP2П.

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2$$

Для проведення дослідів складено план з відповідними матрицями планування експерименту з числом дослідів та межі зміни факторів. Матриця представляє собою перелік варіантів взятих в даній серії дослідів. Незалежні перемінні було вибрано з аналізу характеру впливу на зміну виконаної роботи. В якості параметра оптимізації використано частоту обертання валкового робочого органу та їх зазор між валами. Відповідно прийнято: X_1 -кількість обертів робочого органу; X_2 -зазор між робочими органами. Визначивши які фактори впливають на зміну стискання визначаємо їх рівні варіювання та крок варіювання. Фактори рівняння та варіювання зведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

ОФР

Характеристика плану	Перемінні фактори	Перемінні фактори
	Кількість обертів робочого органу X_1 , хв. ⁻¹	Зазор між робочими органами X_2 ,мм
Основний рівень, $X_1^{(0)}$	90	3
Крок варіювання	30	1
Нижній рівень $X_1^{(-)}$ (-1)	60	2
Верхній рівень, $X_1^{(+)}$ (+1)	120	4

Вихідні параметри:

Y_1 -стикання тіста в зазорі між валками. Висота маси компонентів фіксувалася в процесі процесу методом візуального контролю по шкалі, нанесеній на робочу камеру.

На основі виконаних експериментальних даних інтенсифікації нагнітання проведено математичну обробку із використанням прикладної програми Statgraphics Plus XV.1

Згідно даних дисперсного аналізу, вплив факторів експерименту статично значне при значенню $p=5\%$ (т.б. $p<0.05$).

Таблиця 4.2

План експерименту та його результати

Номер досліджу	$X_1, \text{хв.}^{-1}$	$X_2, \text{мм}$	$Y_1, \%$	$Y_2, \%$
1	1	-1	0.17	709.5
2	0	-1	0.15	70.4
3	-0	-10	0.14	70.3
4	1	0	0.15	70.1
5	0	0	0.13	70.8
6	-1	0	0.11	70.5
7	1	1	0.12	72
8	0	1	0.098	72
9	-1	1	0.09	71

Вплив незалежних змінних на вихідний параметр Y_1 . Найбільший вплив на зміну концентрації в зазарі між валками має вплив їх зазору (X_2) (p-value для $Y_1=0.0017$).

В таблиці 5.3 подано коефіцієнти регресії, одержані при математичній обробці експериментальних даних.

Таблиця 4.3

Коефіцієнти регресії

Коефіцієнти	Значення
Constant	0.125556
A: X_1	-0.0166667
B: X_2	-0.0266667
AA	0.0066667
AB	0.0
BB	-0.00333333

РР для Y_1

$$Y_1=0.125556-0.0166667X_1-0.0266667X_2+0.00666667X_1^2+0.0X_1X_2-0.00333333X_2^2$$

Помилка експерименту для $Y_1=0.0001111$.

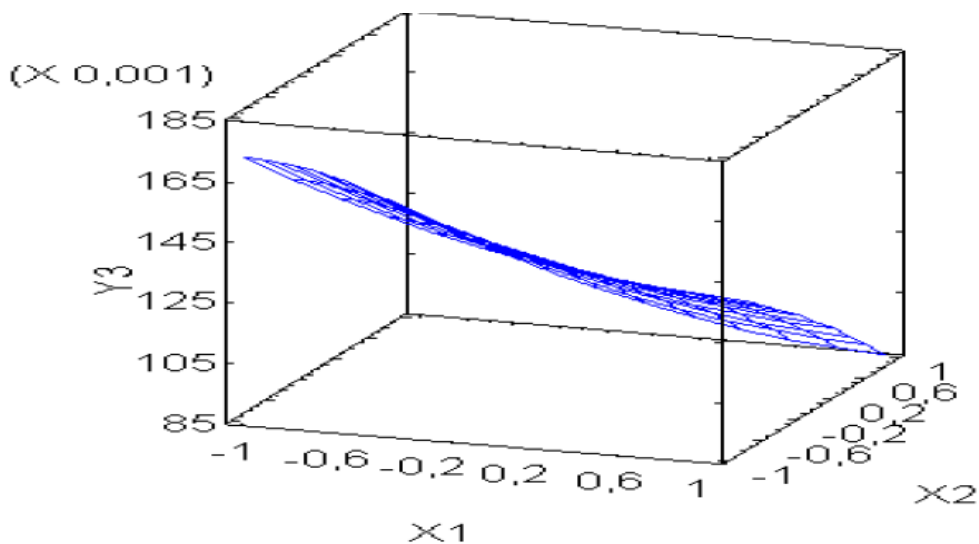


Рис. 4.3. Вплив параметра X_1 та X_2 на зміну стискання тіста між обертовими валками

4.5. Реологічна властивості тіста після нагнітання валками

При нагнітанні тіста із однаковою черговістю направленої деформації, в ньому виникають здебільшого поздовжні напруження, що призводить до розтягування пласта тіста. Напруження, що виникли при цьому, розподіляються рівномірно по масі тіста і деформація буде відбуватися в рівній мірі по довжині і ширині утвореної його форми в зазорі між валками.

При дії зовнішньої сили на тісто у ньому виникає відповідна реакція двох сил діючих паралельно одна одній: $F = F_1 + F_2$.

де F_1 -сила опору тіста при деформації; F_2 -пружна сила, що виникає при адіабатному стиску повітря.

Завдяки перманентному утворенню вуглекислоти і збільшенню таким шляхом об'єму, тісто яке продовжує бродити в робочій камері вузла нагнітання, має відмінність від тіста яке не бродить, тому що є двояко напруженою системою. В результаті математичного опрацювання експериментальних даних отримали криву течії бубличного дріжджового тіста (рис.5.4).

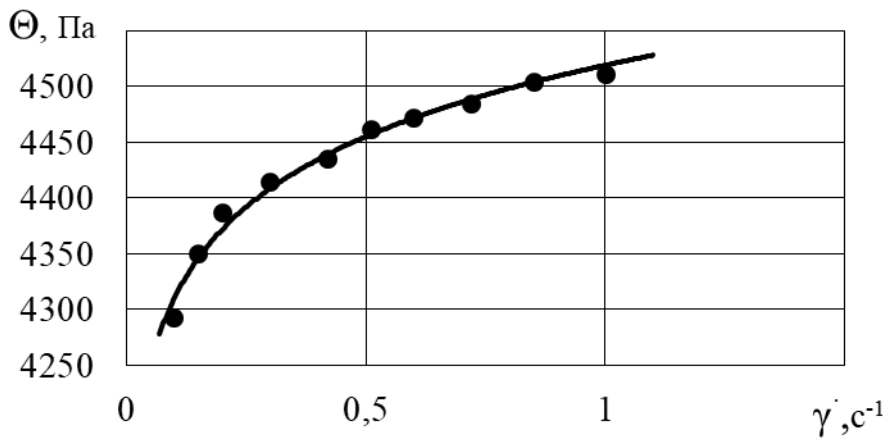


Рис.4.4. Залежність напруження зсуву від швидкості зсуву

Отримана залежність характеризує поведінку тіста і носить степеневий характер рівняння :

$$\theta = 4520 \cdot \gamma^{0.02}$$

Посилена механічна обробка тіста валками і формувальними пристроями не забезпечують потрібної якості готових виробів. Зв'язок між тиском і об'ємом має нелінійний характер. Найбільша зміна об'єму проходить на початковій стадії деформації і з плином процесу зменшується при переході до максимального тиску. В результаті математичної обробки даних стискання бубличного дріжджового тіста

отримало емпіричне рівняння: $pV^x = b \cdot 10^c$

де p-тиск, МПа;

V-об'єм тіста в робочій камері, см²;

x,b,c-імперичні коефіцієнти при газовій фазі 6,65%, вони становлять: 36,4, 0,78, 49,8; при 12%- 18,1, 0,18, 26,7.

З аналізу рівняння випливає, що показник степені тіста тим більший, чим менше газової фази. Отже, стискання тіста відбувається за рахунок газової фази і деформації структурної сітки тіста. При зниженні деформації розчинений газ починає виділятися із усієї маси тіста, що спряє її збільшенню. Також необхідно відзначити, що при не змінному тиску кількість виділеного газу менша ніж в періоді стискання. Постійний приріст бульбашок газу після зняття деформації, яка триває 1.6с , відбувається із-за бродіння тіста.

Залежність в'язкості від температури для вузла нагнітання виражається відношенням

$$\frac{\eta t_1 - \eta t_2}{t_2 - t_1}$$

різниці в'язкості при двох різних температурах до різниці цих температур:

Для визначення в'язкості можна використати рівняння:

$$\eta_T = e^{\frac{A}{t^B}}$$

де t -температура, С;

A і B -константи, одержані дослідним шляхом і які залежать від швидкості зсуву.

Залежність ефективної в'язкості від градієнта швидкості зсуву $\eta_{ef} = f(\dot{\gamma})$ зображено на рис.5.5.

Ефективна в'язкість зменшується із збільшенням швидкості зсуву. Це обумовлено орієнтацією високомолекулярних сполук тіста в напрямку руху зростаючих зусиль зсуву.

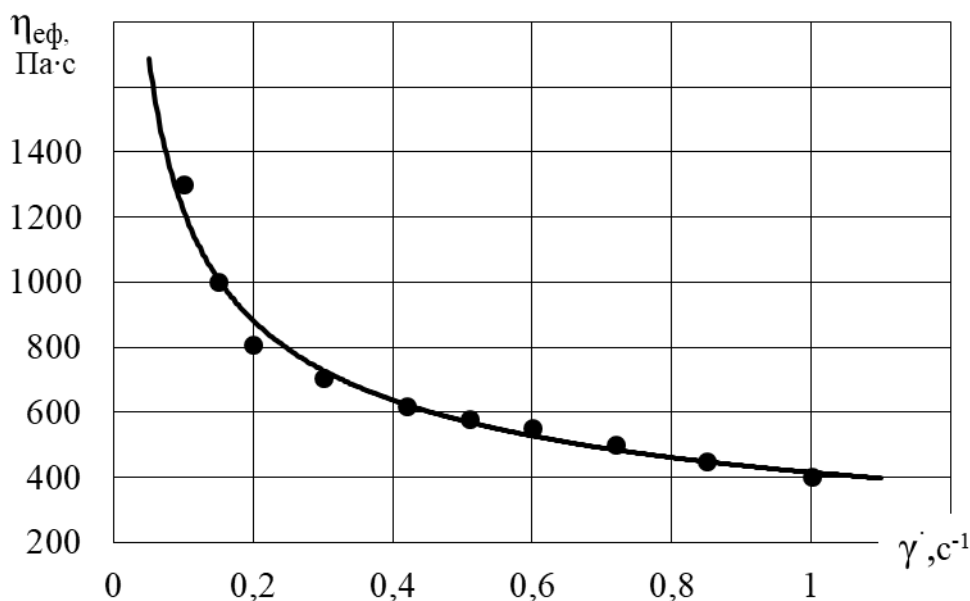


Рис.4.5. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву.

Математичний вираз функції:

$$\eta_{ef} = 415 \cdot \dot{\gamma}^{-0,47}$$

Збільшення швидкості зсуву призводить до зменшення в'язкості, що характерно для тіста, в якого при деформуванні відбувається орієнтація молекул у напрямку зсуву і порушення зв'язків між ними.

Маючи дотичні та нормальні напруження на поверхні валків, можна отримати

залежності необхідних моментів обертання $\left(M = \int_A \tau_D \cdot R \cdot dA \right)$, а маючи залежності

моментів та значення необхідної частоти обертання валка, можна отримати залежності

необхідних потужностей $\left(N = \frac{\pi \cdot M \cdot n}{30} \right)$.

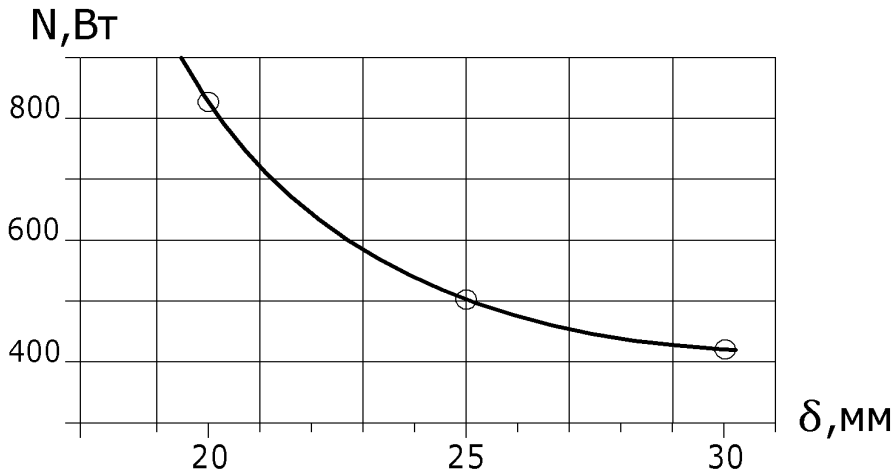


Рис.4.6. Залежність потужності на валку від величини зазору.

Отримана графічна залежність потужності від значення зазору між обертовими валками рис.4.6 показує, що найменша кількість споживання потужності ймовірна при зазорах 25÷30 мм. Цим пояснюється те, що у вузлі нагнітання дотичні та нормальні напруження, гідростатичний тиск наявні з оптимальними значеннями. За таких умов процесу, потужність становитиме 510÷420 Вт, що дозволяє встановити графік зміни потужності за один цикл процесу (рис 4.7).

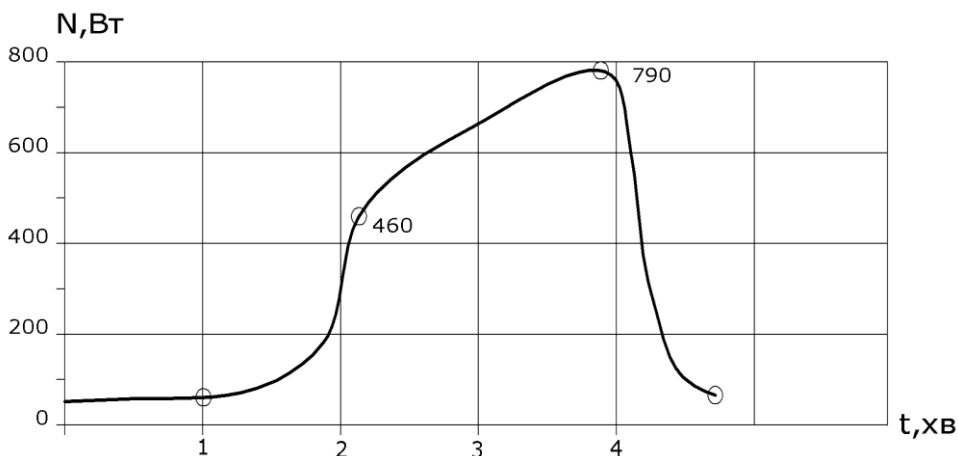
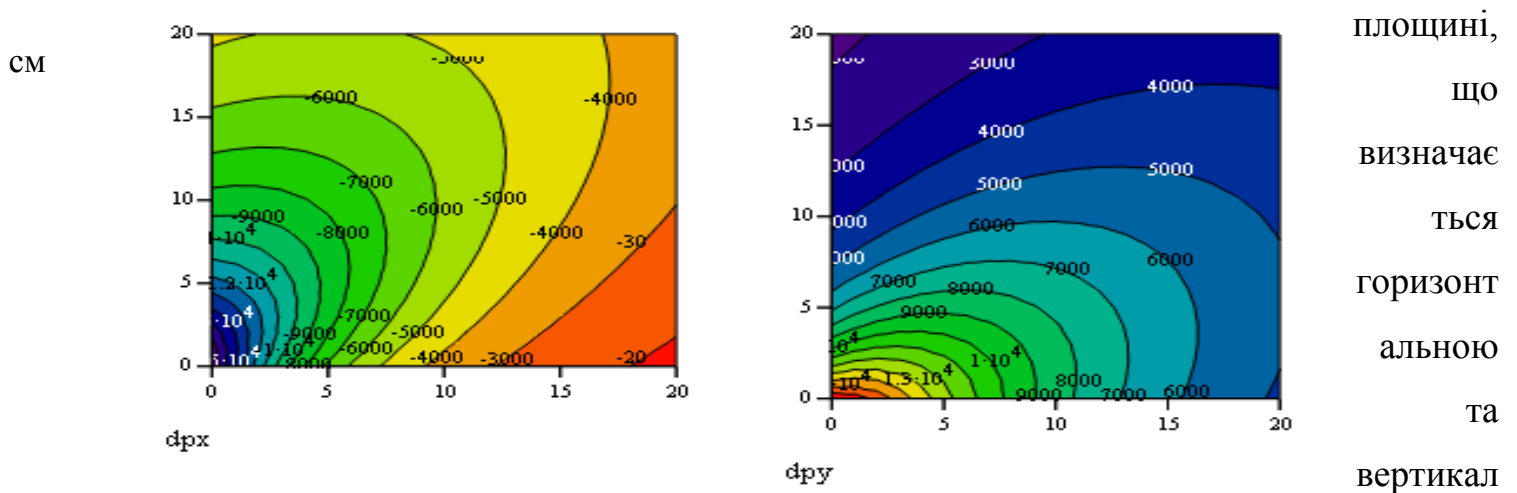


Рис. 4.7. Зміна потужності на валі машини протягом одного циклу процесу нагнітання

4.5.1. Визначення параметрів напружено-деформованого стану тіста методом математичного моделювання

Згідно обчислень складових градієнта dp_x та dp_y зміни швидкості течії тіста побудовано діаграми складових градієнта рис.5.8 та тривимірні графіки (рис.5.9). Аналіз результатів проведеного числового експерименту показав, що раціональними параметрами розподілу стискання тіста є у нагнітального валка, так як він має найбільший вплив на цю масу, що нагнітається. Вихідні дані обробки:

Рис.4.8. Контурний графік зміни горизонтальної та вертикальної складових тиску в



бною осями зони течії тіста.

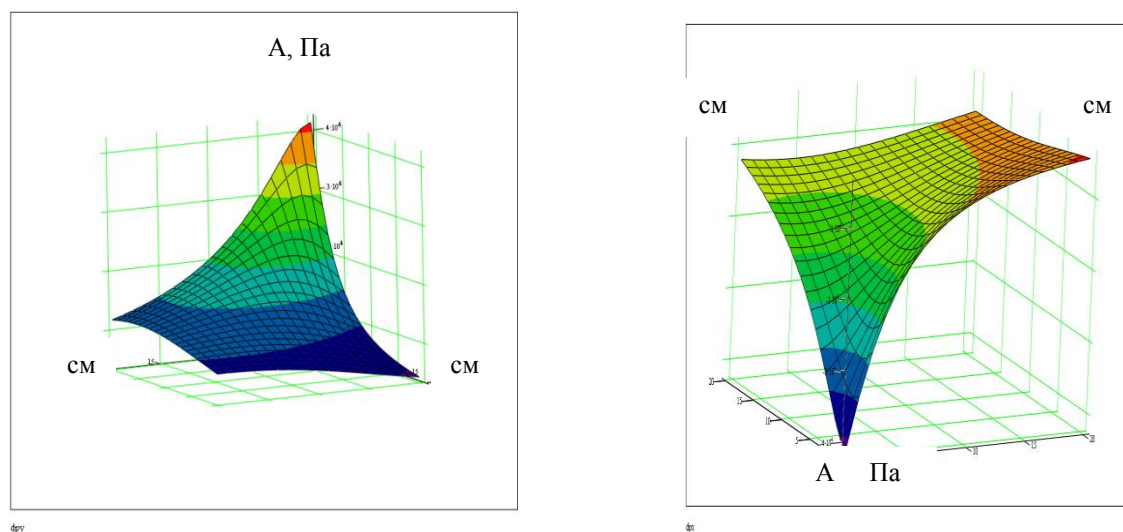


Рис. 4.9. Тривімірна поверхня зміни тиску в області нагнітання.

Методом найменших квадратів отримано апроксимацію дискретних значень зміни тиску. В рівнянні зроблено перетворення в неперервну форму, щоб провести інтегрування для визначення тиску в зоні нагнітання: $x_{i,j} = 1,28 \cdot r_j \cdot \cos(t_i - t_0)$

$$y_{i,j} = 1,3 \cdot r_j \cdot \sin(t_i - t_0)$$

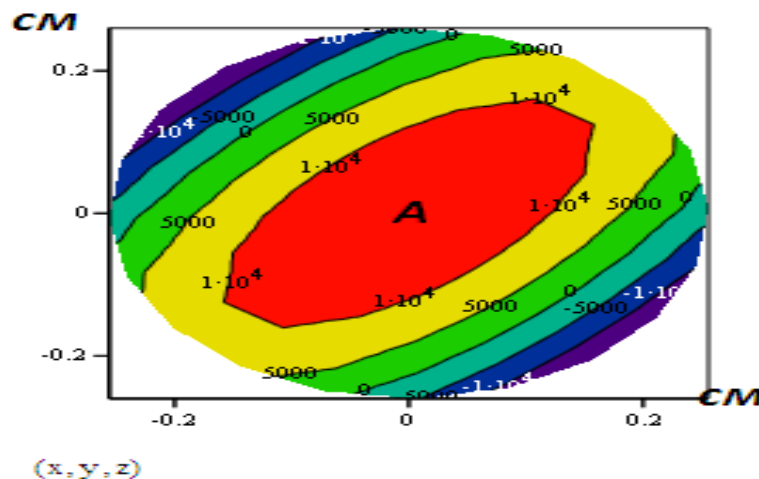
$$z_{i,j} = \left[\frac{1035}{\sqrt{(x_{i,j})^2 - 1,3 \cdot x_{i,j} \cdot y_{i,j} + (y_{i,j})^2 + 9}} - 344 \right] \cdot 1,4 \cdot 10^4$$

$$dp(x, y) = 1,4 \cdot 10^4 \left(\frac{1035}{\sqrt{x^2 - 1,3 \cdot x \cdot y + y^2 + 9}} - 344 \right)$$

$$p(x, y) = \int_0^x dp(x, y) dx$$

$$p_{i,j} = p(x_{i,j}, y_{i,j})$$

Згідно обчислень побудовано обчислювальну апроксимацію в зоні нагнітання тіста в полярній системі координат (рис.5.10). Всю область течії в зазорі, по характеру зміни градієнта тиску і швидкості в зонах пластичної течії, можна розбити на дві зони: в першій $x_0 < x < x_m$ градієнт тиску позитивний $dp/dx > 0$ (зона протитечії); в другій $x_m < x < x_1$ градієнт тиску негативний $dp/dx < 0$ (зона прямиотечії). На границі зон $x = x_m$, $h_0 = h$ епюра тисків в загальному випадку ($\tau_0 \neq 0$) має перелом ($dp/dx|_{x=x_m-0} \neq dp/dx|_{x=x_m+0}$). При виході тіста ($x = x_1$), воно доторкається поверхонь



барабанів ($h_0 = h$).

Рис.4.10. Контурний графік розподілу навантаження на тісто в процесі нагнітання.

З графіка видно, що тиск рівномірно знижується в процесі нагнітання тіста, але свої максимальні значення має біля поверхні валків, що підтверджує активну дію його стискання. Дані обставини сприяють з мінімальними силами тертя руху тіста одержувати хвилеподібний рух в об'ємі по тиску і по поверхні свого об'єму за рахунок хвилястої поверхні робочої камери. На основі аналізу проведеного числивого експерименту встановлених закономірностей поведінки тіста можна передбачити в

конструкції робочої камери, на даній ділянці, гладку її поверхню без зварних пластин.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Використання прикладного програмного забезпечення для вирішення задач дипломної роботи

Завданням на дипломну роботу передбачається виконання ряду завдань виконання яких передбачають використання комп'ютерної техніки.

При виконанні аналізу сучасних методів проведення монтажних та ремонтних робіт, а також виборі металообробного обладнання активно опрацьовувалась інформація із мережі Інтернет.

Для виконання пошуку інформації в мережі Інтернет застосували один із найбільш поширених інтернет-браузерів Opera.

Браузер - це програма, що представляє в зручному для сприйняття вигляді інформацію, що отримується з Інтернету. Це інструмент для перегляду ресурсів Мережі і, в меншій мірі, для взаємодії з ними.

Для аналізу інформації, отриманої з мережі Internet, застосовано Adobe Reader.

Adobe Reader (Acrobat) - це одна з кращих програм для перегляду та друку текстової інформації в форматі pdf. Це - один з нових форматів для зберігання і перенесення текстової інформації, наприклад, з Інтернету на комп'ютер.

PDF (аббревіатура від англ. Portable Document Format, вимовляється пі-ді-еф) - платформонезалежних формат електронних документів, створений фірмою Adobe Systems з використанням низки можливостей PostScript.

У першу чергу призначений для подання в електронному вигляді поліграфічної продукції, значна кількість сучасного професійного друкарського устаткування може обробляти PDF безпосередньо.

Для оформлення текстової частини розрахунково-пояснювальної записки застосовано найбільш поширений текстовий редактор Microsoft Word. Microsoft Word (повна назва Microsoft Office Word, часто вживаються — MS Word, WinWord або просто Word) — текстовий процесор, що випускається фірмою Майкрософт, входить до складу офісного пакету «Microsoft Office».

Для виконання інженерних розрахунків та побудови графіків використано Microsoft Excel. Microsoft Excel (повна назва Microsoft Office Excel) — програма для роботи з електронними таблицями, створена корпорацією Microsoft для Microsoft

Windows, Windows NT і Mac OS. Застосунок входить до складу офісного пакету Microsoft Office.

Для виконання графічних побудов застосовували пакет AutoCAD. AutoCAD — дво- і тривимірна система автоматизованого проектування і креслення розроблена компанією Autodesk. Перша версія була випущена в 1982 році. AutoCAD і спеціалізовані додатки на його основі знайшли широке застосування в машинобудуванні, будівництві, архітектурі та інших галузях промисловості.

У даний час існує достатня кількість розрахункових програм, що використовують описані методи обчислювальної гідродинаміки, такі як STAR—CD, Fluent, CFX, FlowVision і вимагають:

- створення області розрахунку (“геометрія” пристрою) у спеціальних системах автоматизованого проектування;
- вибору і доповнення математичної моделі стосовно умов задачі, яку вирішуємо;
- формулювання граничних і початкових умов;
- завдання розрахункової сітки першого рівня;
- обґрунтованого завдання критеріїв адаптації сітки по рішенню і за граничних умов;
- задання параметрів і вибору методів розрахунку, які визначають швидкість збіжності обчислювального алгоритму і порядок апроксимації початкових рівнянь;
- вибору кроку за часом обчислювального алгоритму;
- обґрунтованого вибору видів візуалізації результатів розрахунків.

5.2. Програма статистичного моделювання аналітичної залежності ефективності від конструктивних розмірів і режимів роботи машини

Програма MNK.cpp – програма аналітичного статистичного моделювання. Програма використана для розрахунку переміщення частинок у різних зонах. Дає можливість встановлювати залежності ефективності пиловловлювання від конструктивних розмірів і режимів роботи пиловловлювача.

Програма для чисельного розв’язку диференційного рівняння руху матеріальної точки була обчислено програмою MS.mcd. дана програма MS.mcd – програма для чисельного розв’язку диференційного рівняння руху матеріальної точки при початкових умовах з використанням математичного пакету “MathCad 2001”.

Для аналізу виконання обчислень, аналізу даних та побудови графіків застосовували Microsoft Excel. Представим процес побудови графіків за допомогою Microsoft Excel.

Табличний процесор Excel фірми Microsoft призначений для введення, зберігання, обчислення і виведення великих обсягів даних у вигляді, зручному для аналізу і сприйняття інформації. Усі дані зберігаються й обробляються у вигляді окремих або зв'язаних таблиць. Одна або кілька таблиць складають «робочу книгу», У цьому випадку таблиці називаються робочими аркушами цієї книги, аркуші можна видаляти, доповнювати або переміщати з однієї робочої книги в іншу. Фізично на диску зберігається вся книга у вигляді окремого файлу з розширенням «xls». Діаграми служать для відображення рядів числових даних у графічному форматі, зручному для осягнення великих обсягів даних і співвідношень між різними рядами даних.

В Excel є два різні способи збереження в пам'яті діаграмі складених за вашими числовими даними: це, по-перше, «вбудовані» діаграми по-друге, «діаграмні сторінки». Вбудовані діаграми являють собою графіки, на кладені на робочу сторінку, які зберігаються в цьому ж файлі; у діаграмних сторінках створюються нові графічні файли. Створити вбудовану діаграму найпростіше за допомогою Майстра діаграм, що складає частину пакета Excel. Панель інструментів діаграм Діаграми можна створювати не тільки за допомогою Майстра діаграм. Також це можна робити набагато швидше за допомогою панелі інструментів Діаграмам Увімкнути зображення цієї панелі на екрані можна за допомогою меню Вигляд Панелі інструментів. Для оформлення документів Excel пропонує, крім графіків і діаграм, можливість створювати інші графічні об'єкти, наприклад, викреслювати на екрані, а потім роздруковувати прямокутники, еліпси, прямі й криві лінії, дуги й т. ін. Можна також виконати малюнки за допомогою окремих графічних об'єктів, і ніхто не здогадається, що вони виконані за допомогою Excel, а не спеціально графічного редактора. Для створення малюнків призначені кнопки, розташовані на панелі інструментів Малювання. Увімкнути зображення цієї панелі на екрані можна за допомогою кнопки, що знаходиться на панелі інструментів Стандартна.

5.3. Методики оформлення графічної частини засобами AUTOCAD

Всі креслення у дипломній роботі виконані з використанням прикладної програми Auto Cad 2013. Дана версія призначена для виконання креслень механічних об'єктів та систем.

Всі деталі та вузли на кресленні складаються з простих геометричних фігур, для побудови яких використано загальновідомі геометричні методи та прийоми. На кресленнях не використовуються складні геометричні криві типу еліпсів, спіралей та інших математичні криві.

Креслення оформлені згідно ГОСТ та ЄСКД.

Порядок роботи з програмою наступний. Встановіть на своєму робочому або домашньому комп'ютері програму AutoCAD. Існує велика кількість версій цієї програми, оновлення виходять практично щороку, але краще йти в ногу з часом і користуватися останньою версією (бажано русифікованою), оскільки в програму додаються нові можливості, а проектування стає зручнішим.

Виберіть проект, над яким збираєтеся почати роботу в AutoCAD. Звичайно, ви можете взяти будь-який підручник з проектування в цій програмі або скористатися довідкою в меню програми. Але найшвидше ви навчитесь креслити, працюючи над власним проектом.

При відкритті програми, як правило, виникає вікно, яке і буде полем вашого креслення. За замовчуванням відкритий файл зберігається під ім'ям «Чертеж1.dwg». Назвіть його ім'ям свого проекту. Для цього у спадному меню «Файл» виберіть вкладку «Зберегти як ...», виберіть папку, де буде зберігатися файл і його ім'я. Бажано завести окрему папку для креслень AutoCAD.

Уважно вивчіть меню програми. Не зайвим буде відразу задати типи ліній, якими буде намальований креслення. Для цього у спадному меню «Формат» виберіть пункт «Шар ...» і створіть кілька шарів, вказавши колір лінії, її тип і товщину. Надалі це допоможе вам не плутатися з розмірними і основними лініями, а при виводі креслення на плотер або принтер, лінії будуть відображатися у відповідності з їх товщинами.

Почніть виконувати проект. Якщо вам складно уявити креслення, спробуйте для початку накидати його на папері, а потім поступово переводите в електронний вигляд. Увімкніть на нижній панелі інструментів прив'язки і функцію «ОРТО». Так вам буде

зручніше, оскільки в основному креслення деталей або складальних одиниць зображуються у вигляді відрізків, з'єднаних під прямими кутами. У тому випадку, якщо необхідно провести відрізок, який не буде перпендикулярний жодної з осей координат, просто відключіть «ОРТО» натисканням на неї лівою клавішею миші.

Оскільки будь креслення складається з відрізків ліній, користуйтеся основною командою «Відрізок» панелі малювання. Для цього натисніть на іконку із зображенням відрізка, перемістіть курсор в область креслення і клацніть лівою клавішею миші. Це буде початок вашого відрізка. Далі ведіть курсор в будь-яку сторону, знову клацніть лівою клавішею миші. Ви позначили кінець відрізка.

Тепер спробуйте навести курсор на будь-яку точку отриманого відрізка. На курсорі (який у програмі зображений, як правило, у вигляді перехрестя) відобразатимуться значки прив'язок. За допомогою них ви зможете побудувати перпендикулярні і паралельні відтинки. На кінцевій точці вашого відрізка також буде зображена прив'язка під назвою «Конточка», з цієї точки проведіть лінію далі, перпендикулярно вашому відрізку. Якщо вам потрібно скасувати команду «Відрізок», просто натисніть клавішу «Esc».

Спробуйте накреслити інший тип лінії (дугу або сплайн), використовуючи також команди панелі малювання. Для редагування, дзеркального відображення, подовження або вкорочення відрізків або вже готових об'єктів користуйтеся командами панелі «Редагування».

Нанесіть на креслення розміри за допомогою меню «Розміри». Найчастіше використовуються лінійні розміри, від точки до точки, проставлені паралельно осям координат.

При виникненні будь-яких питань користуйтеся довідкою програми. У ній ви знайдете керівництво користувача, де роз'яснені основні поняття AutoCAD і базові операції, а також дано довідник команд, оскільки не всі операції програми можна виконати тільки клацанням миші.

Графічні побудови виконані в AutoCAD за допомогою команд створення і редагування примітивів.

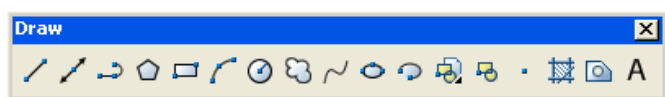


Рисунок 6.1.- Панель інструментів Draw (Рисование)

Операції побудови більшої частини примітивів можуть бути виконані за допомогою кнопок панелі інструментів Draw (Рисование) (рис. 5.1).

Створювати примітиви можна також за допомогою пунктів падаючого меню Draw (Рисование) (рисунок 5.2).

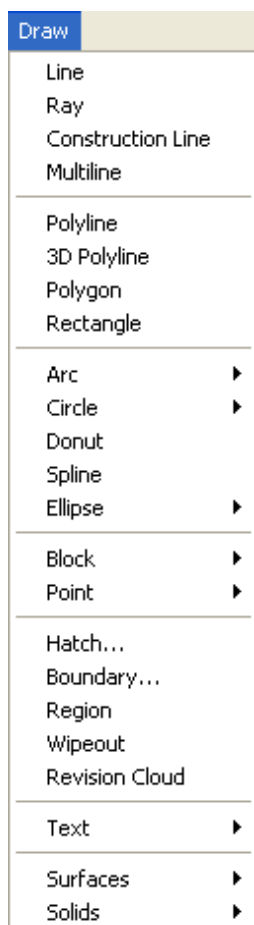


Рисунок: 6.2. Падаюче меню Draw(Рисование)

В останніх версіях AutoCAD в падаючому меню Draw (Рисование) з'явилися нові пункти: Wipeout (Пятно), відповідний команді WIPEOUT (російське найменування цієї команди поки не відоме), і Revision Cloud (Облако правки), відповідний згаданій раніше команді REVCLOUD.

При виникненні будь-яких питань користуйтеся довідкою програми. У ній ви знайдете керівництво користувача, де роз'яснені основні поняття AutoCAD і базові операції, а також дано довідник команд, оскільки не всі операції програми можна виконати тільки клацанням миші.

6 Обґрунтування економічної ефективності

6.1. Організація реконструкції кондитерського цеху

В даному дипломному проекті розробляються заходи з реконструкції кондитерського цеху по випуску бубликової продукції.

Класифікація технологічних операцій приведена в таблиці 6.1.

Визначимо структуру виробничого циклу, виходячи з кількості операцій і їх призначення у виробничому процесі. Всього операцій 16, з них основних – 8, допоміжних – 8. Розрахуємо питому вагу цих операцій в загальній кількості.

Основні операції – 50% ($8 \cdot 100 / 16$);

Допоміжні операції – 50% ($8 \cdot 100 / 16$).

Таблиця 6.1 – Класифікація операцій технологічного процесу виробництва крохмалю.

№ п/п	По призначенню у виробництві	По способу виконання
1	2	3
1	Допоміжна	Машинно-ручна
2	Допоміжна	Машинна
3	Основна	Машинна
4	Допоміжна	Машинна
5	Основна	Апаратна
6	Допоміжна	Машинна
7	Основна	Машинна

8	Допоміжна	Машинна
9	Допоміжна	Ручна
10	Основна	Машинно-ручна
11	Основна	Ручна
12	Допоміжна	Ручна
13	Основна	Машинна
14	Основна	Машинна

Визначимо коефіцієнти механізації виробництва K_{MH}

$$K_{mn} = \frac{K_{mo}}{K_{ob}}, \quad (1.1)$$

де K_{mo} – кількість операцій, які виконуються машинним, машинно-ручним і апаратним способом;

K_{ob} – загальна кількість операцій;

$$K_{mn} = 11/14 = 0,79. \quad (1.2)$$

В розглядуваному технологічному процесі виробництва крохмалю має місце паралельно-потоківий вид руху предметів праці. Складемо план робіт на технічне переоснащення лінії (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2 – План робіт на технічне переоснащення лінії виробництва бубликів

Код події	Подія	Код роботи	Робота
1	2	3	4
0	ТЗ на технічне переоснащення лінії отримано	0-1	Розробка ТП на технічне переоснащення
1	ТП на технічне переоснащення розроблений	1-2	Підготовка приміщень для технічного переоснащення
2	Приміщення підготовлені	2-3	Проектування і розробка будівельної частини
3	Проектування будівельної частини завершено	2-4	Проектування та розробка механічної частини модернізації обладнання
4	Проектування механічної частини завершено	2-5	Оформлення та розміщення замовлень на покупні елементи
5	Замовлення на покупні елементи розміщені	3-6	Проведення будівельних робіт по влаштуванню інженерних комунікацій
		4-6	Виготовлення модернізованого обладнання

Код події	Подія	Код роботи	Робота
1	2	3	4
6	Всі елементи будівельної і механічної частини готові, закупні елементи отримані	5-6	Виконання замовлень на закупні елементи
7		6-7	Розробка робочої документації по експлуатації лінії
	Технічна документація розроблена	7-8	Монтаж лінії
1	2	3	4
8	Монтаж лінії проведено	8-9	Контрольні випробування обладнання
9	Лінія випробувана		

Складаємо сітковий графік на технічне переоснащення (рисунок 6.1).

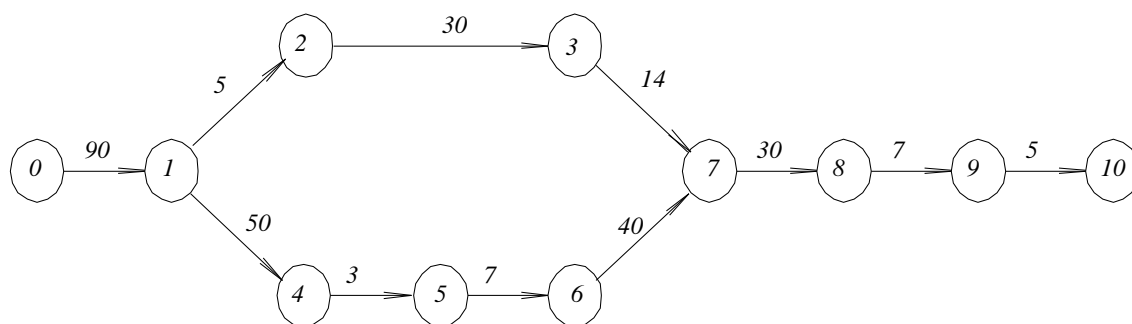


Рисунок 6.1.– Сітковий графік робіт з технічного переоснащення.

Резерви часу існують у сіткових графіках у всіх випадках, коли є більше одного шляху різної тривалості. Резерв часу події визначається як різниця між пізнім T_n і раннім T_p строками появи події.

$$P_i = T_n - T_p. \quad (1.3)$$

Ранній і пізній строки появи визначаються по максимальному з шляхів L_{max} , при цьому T_p рівне тривалості максимального з попередніх шляхів, а T_n є різницею між тривалістю критичного шляху $L_{кр}$ і максимальною з наступних за даною подією шляхів:

$$T_{pi} = t \cdot [L_{max} \cdot (j \div i)]; \quad (1.4)$$

$$T_{ni} = t \cdot L_{кр} - t \cdot [L_{max} \cdot (i \div c)]. \quad (1.5)$$

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків сіткового графіка на технічне переоснащення.

i	j	t_{ij}	T_{pi}	T_{ni}	P_i
0	1	80	80	80	0
1	2	5	85	85	0
2	3	40	125	211	86
2	4	76	161	161	0
2	5	25	110	178	61
3	6	10	135	221	96
4	6	60	221	221	0
5	6	43	152	221	68
6	7	16	237	237	0
7	8	8	245	245	0
8	9	5	250	250	0

6.2 Економічна частина

Розрахуємо капітальні вкладення на проведення реконструкції

Вартість споруд формують наступні обсяги додаткових площ:

виробничі площі - 28 м²

приміщення 36 м²

допоміжні приміщення 12 м²

Згідно додатку 3 [ст.8] виконаємо розрахунок вартості будівельних робіт.

Затрати на будівництво та освоєння виробничих площ:

$$З_{бв} = 28 * 3650 = 102200 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння складських приміщень

$$З_{бс} = 36 * 1780 = 64080 \text{ грн}$$

Затрати на будівництво та освоєння допоміжних приміщень

$$З_{бд} = 12 * 1550 = 18600 \text{ грн}$$

Сумарні затрати на будівельні роботи:

$$З_{с} = 102200 + 64080 + 18600 = 184880 \text{ грн}$$

Розрахуємо ціну на модернізовану формувальну машину марки «Б4-58».

Кількість модернізованих одиниць обладнання: 1

Допоміжні матеріали укрупнено приймаємо на рівні 4% від вартості проекту.

Результати зведемо в таблицю 6.4. Розрахуємо витрати на додаткове обладнання, яке встановлюється в результаті реконструкції.

Розрахунки зведемо в таблицю 6.5.

Таблиця 6.4. - Визначення собівартості модернізованої одиниці обладнання

№ п/п	Найменування матеріальних	Одиниця виміру	Ціна одиниці,	Норма витрат на	Вартість сировини і	Транспор-тно-	Загальна сума
-------	---------------------------	----------------	---------------	-----------------	---------------------	---------------	---------------

	ресурсів		грн.	одиницю продукції, грн.	матеріалів, грн.	заготі- вельні витрати, грн.	витрат на сировину і матеріали, грн.
I	Сировина і основні матеріали						
	Гарячий прокат:						
1	Тонкий листовий	кг	7,85	94,2	94,2	9,42	103,62
2	Сортовий дрібний	кг	15,00	450	450	45	495
3	Середній	кг	12,00	220	220	22	242
4	Волочений комбінований	кг	11,00	200	200	20	220
	Холодний прокат:						
5	Листовий	кг	5,00	175	175	17,5	192,5
6	Сортовий профільований	кг	8,00	784	784	78,4	862,4
7	Кутники, швелери	кг	1,80	270	270	27	297
8	Труби для заготовок	кг	5,00	750	750	75	825
9	Гаряча штамповка	кг	18,00	544	544	54,4	598,4
10	Холодна штамповка	кг	7,00	140	140	14	154
11	Чавунне литво	кг	6,00	660	660	66	726
12	Вироби з пластмас	кг	59,00	70,8	70,8	7,08	77,88
13	Двигун	шт	580,00	580	580	58	638
II	Допоміжні метеріали			249,95	249,95	25,00	274,95
	Разом			5047,95	5047,95	504,7	5552,65

Розрахуємо фонд оплати праці робітників, які виготовляють машину.

Трудомісткість виготовлення машини, люд.-год 240

Середньогодинна оплата праці по заводу, грн. 21

Фонд оплати праці: $\text{ФОП} = 240 * 21 = 5040$ грн.

Загальновиробничі витрати укрупнено приймаємо на рівні 60% від фонду заробітної плати:

$$Зв = 5040 * 0,6 = 3024 \text{ грн.}$$

Адміністративні витрати приймаємо на рівні 55% від фонду оплати праці:

$$Ав = 5040 * 0,55 = 2772 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість виготовлення модернізованої машини:

$$Вс = 4618,79 + 5040,00 + 3024,00 + 2772,00 = 15454,79 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати приймаємо на рівні 6,5% від виробничої собівартості:

$$Пв = 15454,79 * 0,065 = 1004,56 \text{ грн.}$$

Розрахуємо ціну машини:

Закладаємо рівень рентабельності 15%.

Ціна машини:

$$Цо = (15454,79 + 1004,56) * (1,00 + 0,15) = 18928,25 \text{ грн.}$$

Розрахуємо загальні капіталовкладення на впровадження нової машини.

Витрати на демонтаж старої машини: 1200,00 грн

Залишкова вартість старої машини 18107,66 грн

Капітальні вкладення в створення нової машини з таблиці 6.5. : 23660,31 грн

Вартість брухту від реалізації старої машини 420,00 грн

Загальні капіталовкладення на впровадження нової машини:

$$Ко = 23660,31 + 1200,00 + 0,00 - 420,00 = 24440,31 \text{ грн.}$$

Річний випуск продукції на модернізованій машині складе: 4500000,00 кг

Питомі капіталовкладення: $Ку = 24440,31 / 4500000,00 = 0,00543118 \text{ грн/од.прод.}$

Таблиця 6.5 – Кошторис витрат на обладнання.

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість одиниць, шт	Вартість одиниці, шт	Загальна вартість, грн.	Транспортні витрати, грн.	Витрати на монтаж, грн.	Загальні витрати, грн.
1	Б4-58	1	18928,25	18928,2	2839,237	1892,825	23660,31
Разом				18928,2	2839,237	1892,825	23660,31

Розрахуємо витрати на транспортні засоби, силове і енергетичне обладнання, пристосування, на лабораторні прилади

Вартість транспорту приймаєм із умови 15% вартості обладнання:

$$23660,31083 * 0,15 = 3549,046624 \text{ грн}$$

Вартість силового та енергетичного обладнання приймається із розрахунку 140 грн на 1 кВт встановленої потужності.

З розділу 2 встановлена потужність складає: 15,5 кВт

$$\text{Тоді розрахункова вартість: } 15,5 * 140 = 2170 \text{ грн}$$

Вартість виробничого та господарського інвентаря розрахуєм з умови 100 грн на одного працюючого.

З розділу 2 кількість працюючих: 22 чол

$$22 * 100 = 2200 \text{ грн}$$

Вартість інших витрат приймаєм на рівні 65% вартості обладнання та будівельно-монтажних робіт.

$$(103120 + 23660,31083) * 0,65 = 82407,20204 \text{ грн}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 6.6.

Таблиця 6.6 – Кошторис капітальних витрат.

№ п/п	Види основних виробничих фондів	Балансова вартість, грн.	Річна норма амортизації, %	Річні амортизаційні відрахування, %
1	2	3	4	5
1	Споруди	103120,00	15	15468,00
2	Промислове обладнання	23660,31	15	3549,05
3	Транспортні засоби	3549,05	15	532,36
4	Силове і енергетичне обладнання,	2170,00	15	325,50
5	Інструмент, приспособлення, лабораторне обладнання	1580,00	15	237,00
6	Виробничий і господарський інвентар	2200,00	40	880,00
7	Інші витрати	82407,20		
8	Разом	218686,56		20991,90

В процесі технічного переоснащення планується встановлення нової машини.

Таблиця 6.7 – Дані для розрахунку економічної ефективності впровадження.

Показник	Варіанти	
	Базовий	Новий
1	2	3
Річна програма випуску готової продукції, кг	3825000	4500000
Усереднена технічна продуктивність, кг/зм	6375,00	7500,00
Норма виробітку в годину, кг	2100,00	2500,00
Капітальні витрати на впровадження машини з врахуванням затрат на монтаж, грн.	23660,31	18107,66
	2	3
Споживана потужність, кВт	5	4,5
Коефіцієнт використання потужності електродвигуна	0,95	0,95
Норма амортизації обладнання, %	15	14
Розряд робіт		
Тарифна погодинна ставка, грн	3	3
Премії і доплати, %	18,5	18,5
Додаткова заробітна платня, % від основної	6	25
Витрати на охорону праці і техніку безпеки в розрахунку на середньорічного працівника за рік, грн	6	6
Відрахування на соціальне страхування, %	21	21
Баланс робочого часу в середньому на одного працівника за рік, год.	54	54
Виконання робітником норм виробітку, %	1633	1633

Визначимо трудомісткість річного об'єму роботи при виробництві для базового і проектного варіанту.

Вона відповідно рівна $3825000 / 2100 = 1821,43$ год

і $4500000 / 2500 = 1800,00$ год

Для розрахунку середньорічної чисельності робітників, де діленням буде трудомісткість, а дільником добуток (Б*П). Підставивши значення, отримаємо:

$$1821,43 / 1633 = 1,12$$

$$1800 / 1633 = 1,10$$

Розрахунок поточних витрат приведено в таблиці 6.8.

Визначимо додаткові показники економічної ефективності впровадження нової техніки.

Економія середньорічної чисельності робітників складає 0,01 чоловік

Таблиця 6.8.– Затрати по заробітній платні, грн.

Витрати	Варіанти	
	Базовий	Новий
Основна тарифна заробітна плата	$18,50 * 1821,43 = 33696,43$	$18,50 * 1800,00 = 33300,00$
Премії і доплати до тарифної заробітної плати	$33696,43 * 0,25 = 8424,11$	$33300,00 * 0,25 = 8325,00$
Основна заробітна плата	$33696,43 + 8424,11 = 42120,54$	$33300,00 + 8325,00 = 41625,00$
Додаткова заробітна плата	$42120,54 * 0,06 = 2527,23$	$41625,00 * 0,06 = 2497,50$
Заробітна плата	$42120,54 + 2527,23 = 44647,77$	$41625,00 + 2497,50 = 44122,50$
Відрахування на соціальні заходи	$44647,77 * 0,21 = 9374,77$	$44122,50 * 0,21 = 9265,75$
Охорона праці	$134,00 * 1,12 = 149,46$	$134,00 * 1,10 = 147,70$
Всього	68907,02	98712,47

Можливе збільшення продуктивності праці на використання даної операції:

$$0,01 * 100 / (1,12 - 0,01) = 1,19 \%$$

Економія фонду заробітної плати становить:

$$44647,77 - 44122,50 = 525,27 \text{ грн}$$

Визначимо можливе підвищення продуктивності праці Птр в результаті економії

чисельності працюючих за формулою: $P_{mp} = E_{уч} \cdot \frac{100}{T_{ч}} - E_{уч}$,

де $E_{уч}$ – економія середньорічної чисельності робітників;

$T_{ч}$ – загальна кількість робітників;

$$P_{тр} = 0,01 * 100 / (22 - 0,01) = 0,06 \%$$

Розрахуємо економію річного тарифного фонду заробітної плати, що складе:

$$E_{рт} = 33696,43 - 33300,00 = 396,43 \text{ грн}$$

Економія річного фонду основної заробітної плати:

$$E_{ро} = 396,43 * 1,25 = 495,54 \text{ грн}$$

Економія річного загального фонду заробітної плати складе:

$$Ефт = 396,43 * 1,33 = 525,27$$

Розробимо планову калькуляцію собівартості всього річного випуску, використовуючи дані таблиці 6.9. Загальні витрати приймаєм укрупнено рівними 46% від основної заробітної плати робітників, а інші витрати від виробничої собівартості мінус виробничі витрати. Невиробничі витрати складають 1,1% від виробничої собівартості.

Таблиця 6.9.– Витрата матеріальних ресурсів і заробітної плати на тону продукції.

Найменуванняу	Ціна за одиницю, грн.	Витрата
Борошно, кг	7	200
Упаковка, м ²	3,5	54
Електроенергія, кВт	0,83	590
Вода, м ³	0,53	25
Кислотний розчин, кг	5	20
Пара, кг	0,3	2000
Втрати від браку, грн	–	25

Складемо порівняльну таблицю визначення собівартості. Для визначення повної собівартості необхідним є виконання розрахунку кошторису витрат на річний випуск продукції (таблиця 6.10).

Таблиця 6.10.- Кошторис витрат на річний випуск продукції, грн.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+ чи -)
		до проекту	з проектом	
1	2	3	4	5
1	Матеріальні витрати			
	Борошно	5355000,00	6300000,00	-
	Упаковка	722925,00	850500,00	-
	Всього	6077925,00	7150500,00	-
2	Витрати на оплату праці	44647,77	44122,50	+
3	Відрахування на соціальні заходи	9374,77	9265,75	+
4	Амортизація	0,00	30616,12	-
5	Інші витрати			
	Електроенергія	3001477,50	2203650,00	+
	Вода	50681,25	59625,00	-
	Кислотний розчин	382500,00	450000,00	-
	Пара	2295000,00	2700000,00	-
	Втрати від браку	95625	90000	+
	Загальновиробничі витрати, грн	458	452,61	+
	Адміністративні витрати, грн	240	237,17	+
	Позавиробничі витрати, грн	525	525	=
	Всього	5825981,75	5503964,79	-
6	Всього витрат	11912813,77	12603702,26	-

Ефективність впровадження нової розробки розрахуємо за її чистою теперішньою вартістю.

Капітальні затрати на впровадження розробки: $K = 218686,5595$ грн

Річна собівартість готової продукції: $S_p = 12663702,26$ грн

Закладаємо річний чистий прибуток на рівні 14%: $C_p = 0,14 * 12663702,26 = 886459,16$ грн

Амортизаційні відрахування: $A = 30616,12$ грн

Чистий річний прибуток з амортизаційними відрахуваннями: $AЧр = Чр + A = 1772918,316 + 30616,12 = 1803534,43$ грн

Коефіцієнт освоєння потужностей у першому році: $K1 = 0,4$

Дисконтна ставка $Kп = 0,15$

$$ЧТВ = -K + \sum_{t=1}^n \frac{(A + Чр)K1}{(1 + Kn)^t} \quad (1.6)$$

Після першого року: $ЧТВ = 7247737,90$ грн.

Термін окупності - один рік

Побудуємо зведену таблицю калькуляції собівартості випуску продукції.

Таблиця 6.11. Зведена таблиця калькуляції собівартості випуску продукції.

№ п/п	Статті витрат	Витрата, грн.		Порівняльний результат (+/-)
		до проекту	з проектом	
1	2	3	4	5
1	Сировина і основні матеріали	1589	1589	-
2	Допоміжні матеріали	713,25	713,25	-
3	Тара і тарні матеріали	189	189	-
4	Електроенергія і паливо (для технологічних цілей)	784,7	489,7	+
5	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	11,01	9,25	+
6	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	0,66	0,56	+

1	2	3	4	5
7	Нарахування на заробітну плату основних виробничих робітників	6,34	12,13	-
8	Загальновиробничі витрати	0,12	0,1	+
	Разом виробнича собівартість	3294	3020,98	+
9	Адміністративні витрати	240,00	237,18	+
10	Позавиробничі витрати	525,00	525,00	=
	Повна собівартість	3534	3258,16	+

Таблиця 6.12. Основні техніко-економічні показники підприємства

№ п/п	Нормативні показники	Одиниці виміру	Величина показника	
			без проекту	з проектом
1	Річний випуск продукції:			
	а) в натуральному вираженні	т	3825,00	4500,00
	б) у вартісному вираженні	грн	11877713,77	13296887
2	Капітальні затрати:			
	а) в обладнання	грн	-	174949,25
	б) в площу	грн	-	43737,31
3	Загальна кількість працюючих	чол	39	37
4	Собівартість випуску одиниці продукції	грн	3534	3258,16
5	Випуск продукції з 1 м ² площі	т/рік	15,00	22,50
6	Рентабельність продукції	%	0,23	0,27
7	Чиста теперішня вартість проекту	грн	-	343857
8	Період окупності	років	-	0,5

7. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

7.1. Охорона праці

7.1.1. Аналіз виробничого травматизму.

В Україні 14 жовтня 1992 року був прийнятий Верховною Радою Закон „Про Охорону праці”. Цей закон, а також „Кодекс законів про працю України” є основною законодавчою базою охорони праці.

Закон „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.

Кодекс законів про працю України визначає правові засади і гарантії здійснення громадянами України права розпоряджатися своїми здібностями до продуктивної і творчої праці.

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).

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 та 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 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.

7.1.2. Заходи щодо техніки безпеки і промислової санітарії.

Планування приміщень, компонування технологічного обладнання, внутрішньоцеховий транспорт і обладнання прийняті відповідно до вимог категорій вибухонебезпечних процесів і класу приміщень.

Для створення безпечних і сприятливих умов праці передбачені наступні заходи: автоматичний контроль, автоматичне регулювання технологічних процесів.

Управління роботою лінії подачі борошна на виробництво здійснюється оператором з пульта управління.

Передбачене автоматичне включення звукової запобігливості сигналізації про роботу борошняних ліній.

Проектом передбачено система автоматизованого управління процесами прийому борошна в складські силосу, видачі її з силосів і транспортування у виробничі збірники.

Виробничі збірники забезпечені сигналізаторами рівня з виведенням сигналу на пульт.

Запроектоване блокування механізмів лінії подачі борошна передбачає їх послідовне включення в порядку, зворотному надходженню муки. Це запобігає перевантаженню обладнання і зводить обслуговування тільки до спостереження за роботою механізмів і машин.

Подача стислого повітря до живильників аерозоль транспорту передуює включенню живильників, що запобігає утворенню завалів борошна в борошняній лінії.

Пуск насосів, що подають рідкі інгредієнти, передбачений ручний, за допомогою кнопки управління, а відключення по досягненню верхнього рівня. Для зважування борошна передбачені автоматичні зважуючі пристрої. Передбачена електроблокіровка обладнання комплексно-механізованих ліній, у якої у разі зупинки однієї з машин попередні зупиняються, а подальші продовжують працювати.

Передбачене блокування кришок і щитків, що прикривають частини машин, що обертаються, пристроєм для автоматичного виключення машини.

У проекті додержані передбачені нормами відстані між обладнанням, висоти робочих ліній, необхідні проходи в складі сировини і готовій продукції.

Установка обладнання і електродвигунів забезпечує легкий доступ до них для прибирання, очищення і миття.

Всі машини закріплені на підмурках або основах щоб уникнути зміщення. Безпека роботи персоналу забезпечується наявністю огорож всіх рухомих, електропровідних частин машин, що обертаються Сходи і майданчик для обслуговування обладнання мають обгороджування.

Передбачається теплова ізоляція всіх апаратів і комунікацій, випромінюючих тепло. Температура поверхні ізоляції не перевищує 45° С.

Всі електропровідні установки, а також обладнання аерозольтранспортування борошна, трубопроводи борошна і стислого повітря заземлюються для відведення статистичної електрики. Для зручності роботи і правильної експлуатації внутрішніх інженерних мереж проектом передбачається забарвлення в різні попереджувальні кольори паропроводів, виробничих трубопроводів, трубопроводів аерозоль-транспортування борошна, водопроводу і інших комунікацій.

Пуск насосів, що подають рідкі інгредієнти, передбачений ручний, за допомогою кнопки управління, а відключення по досягненню верхнього рівня. Для зважування борошна передбачені автоматичні зважуючі пристрої. Передбачена електроблокіровка обладнання комплексно-механізованих ліній, у якої у разі зупинки однієї з машин попередні зупиняються, а подальші продовжують працювати.

Передбачене блокування кришок і щитків, що прикривають частини машин, що обертаються, пристроєм для автоматичного виключення машини.

У проекті додержані передбачені нормами відстані між обладнанням, висоти робочих ліній, необхідні проходи в складі сировини і готовій продукції. Установка обладнання і електродвигунів забезпечує легкий доступ до них для прибирання, очищення і миття.

Всі машини закріплені на підмурках або основах щоб уникнути зміщення. Безпека роботи персоналу забезпечується наявністю огорож всіх рухомих, електропровідних частин машин, що обертаються Сходи і майданчик для обслуговування обладнання мають обгороджування.

Передбачається теплова ізоляція всіх апаратів і комунікацій, випромінюючих тепло. Температура поверхні ізоляції не перевищує 45° С.

Всі електропровідні установки, а також обладнання аерозольтранспортування борошна, трубопроводи борошна і стислого повітря заземлюються для відведення статистичної електрики. Для зручності роботи і правильної експлуатації внутрішніх інженерних мереж проектом передбачається забарвлення в різні попереджувальні кольори паропроводів, виробничих трубопроводів, трубопроводів аерозольтранспортування борошна, водопроводу і інших комунікацій.

Трубопроводи пари забарвлюються в яскраво-червоний колір, трубопроводи - в зелений, продуктові технологічні трубопроводи – коричневий, борошнопроводи - в білий колір.

Передбачена аспірація автоматичних терезів для поліпшення санітарного стану приміщень і ліквідації пилу.

Очищення транспортуючого повітря від пилу передбачене фільтрами, що струшуються в складі БХМ і мішковими фільтрами у відділенні виробничих бункерів.

Для антикорозійного захисту труб в проекті передбачено їх фарбування масляною фарбою за два рази, застосування безшовних труб, зварювання труб встик. Антикорозійний захист технологічного обладнання передбачений машинобудівними заводами при його виготовленні.

7.2. Розроблення заходів захисту працівників харчової та переробної промисловості.

7.2.1. Основні принципи та способи захисту працівників на робочому місці, території.

Забезпечення захисту населення і територій у разі загрози та виникнення НС є одним з найважливіших завдань держави і здійснюється відповідно до розділу IV Кодексу цивільного захисту України.

Комплекс підготовчих захисних заходів є однаковим як для мирного, так і воєнного часу, оскільки враховує поєднання впливу уражаючих факторів НС і можливого застосування агресором сучасних засобів ураження.

Захист населення і територій від НС здійснюються на відповідних принципах, що забезпечують максимально ефективно вирішення проблеми. Ними є:

- пріоритетність завдань спрямованих на захист людей, збереження їх здоров'я і довкілля;

- обов'язковість завчасного планування і реалізації заходів щодо захисту населення і територій з урахуванням економічних, природних та інших особливостей регіону і ймовірності виникнення НС;

- комплексне використання способів і засобів захисту і надання переваги раціональності при виборі способу захисту;

- вільний доступ населення до інформації щодо захисту населення від НС;

- особиста відповідальність керівників органів ЦЗ і піклування громадян про власну безпеку, неухильне дотримання ними правил поведінки та дій у НС.

Основними способами захисту населення від уражаючих дій факторів, що створюються в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу є:

7.2.2 Укриття людей в захисних спорудах

Суть способу полягає у своєчасному укритті людей в спеціальних інженерних спорудах, які здатні захистити людей від дій уражаючих факторів або послабити їх дії.

Будівництво захисних споруд і їх утримання потребує багато часу і коштів. Тому ведеться накопичення фонду захисних споруд. Шляхи накопичення:

- будівництво сховищ одночасно з будівництвом нових підприємств, розрахованих на укриття робітників найбільшої працюючої зміни;

- будівництво окремих сховищ та протирадіаційних укриттів;

- використання метрополітену підземного про лягання;

- обладнання сховищ в підземних та інших заглиблених приміщеннях існуючих будівель і споруд;

- пристосування і використання частини приміщень освоєного підземного простору міст для захисту населення;

- використання гірничих виробок і природних порожнин; - масове будівництво найпростіших сховищ і укриттів в період загрози виникнення надзвичайних ситуацій за скорочені терміни (3-6 діб).

Наявний фонд захисних споруд в повсякденних умовах життєдіяльності використовується для господарських, культурних і побутових потреб

у порядку, який забезпечує використання їх за прямим призначенням в установленій короткий термін.

7.2.3 Евакуаційні заходи

Як спосіб захисту, полягає в завчасному (до початку виникнення НС, в період загрози) вивезенні (виведенні населення із місць можливого ураження, зони катастрофічного затоплення (зараження) в безпечні райони на тимчасове або постійне проживання.

В умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, що мають об'єкти підвищеної небезпеки, а також на випадок війни евакуація є основним способом захисту населення і проведення її планується і готується заздалегідь. Залежно від обстановки, яка склалася на час НС, може бути загальна або тимчасова евакуація.

Загальна евакуація проводиться для всіх категорій населення і планується на випадок війни, можливого небезпечного радіоактивного забруднення територій навколо атомних електростанцій, виникнення загрози катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним доходженням проривної хвилі, лісових і торф'яних пожежах, інших явищ з тяжким наслідками, що загрожують населеним пунктам.

Під час проведення часткової евакуації завчасно вивозиться не зайняте у сфері виробництва та обслуговування населення: діти, учні навчальних закладів, вихованці дитячих будинків разом з викладачами та вихователями, студенти, пенсіонери та інваліди, які утримуються у будинку для осіб похилого віку разом з обслуговуючим персоналом та членами їх сімей.

7.2.4 Радіаційний і хімічний захист

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення та оцінки радіаційної і хімічної обстановки, організації та здійснення дозиметричного і хімічного контролю, розроблення і впровадження типових режимів радіаційного захисту, забезпечення населення засобами індивідуального та колективного захисту з погрібними характеристиками, організацію та проведення спеціальної обробки.

Висновки

В даному розділі розглянута класифікація гідрологічних небезпечних явищ. Також складений порядок дій під час повеней на підприємстві.

Екологія

Взаємовідносини людини з природою характеризуються поглибленням екологічної кризи, виникненням та посиленням потепління клімату (парниковий ефект) завдяки підвищенню вмісту діоксиду вуглецю у повітряному середовищі, появою озонових дірок та кислотних дощів, суперіндустріалізацією, суперхімізацією, супермілітаризацією, супервживанням та суперзабрудненням всіх сфер Землі. Слід відмітити, що починаючи з 1980 року і до теперішнього часу відношення людей на планеті до природи істотно змінилося. Отримує всебічний розвиток екологічна освіта в усіх країнах світу, поширюється суспільний рух за збереження природного середовища, з'являються та розвиваються альтернативні джерела енергії, розвивається дехімізація сільського господарства, спостерігається ріст та ефективність ресурсозберігаючих технологій, розвивається та посилюється економічний механізм природокористування та охорони навколишнього середовища, а також правова основа останніх. Розроблюються і приймаються нові національні і міжнародні програми та закони про охорону природи. У найбільш розвинутих країнах світу починається також процес демілітаризації.

Сучасні тенденції та підходи до розвитку окремих галузей харчової промисловості свідчать про те, що питання виробництва, споживання та якості продукції з поняттям "екологізація виробництва" та "екологізація технологій". Екологізація виробництва – процес неухильного і постійного впровадження систем технічних управлінських, організаційних та інших рішень, які дають можливість підвищувати ефективність використання природних ресурсів, поліпшувати або зберігати якість природного середовища на локальному, регіональному та глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій розуміють розробку і впровадження у виробництво таких технологій, які при максимальному отриманні продукції високої якості забезпечували б зберігання екологічної рівноваги в навколишньому середовищі та природному кругообігу речовин і енергії, не допускали б забруднення середовища. Основу екологізації складає розробка і впровадження маловідходних енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також таких природоохоронних технологій, як очищення відпрацьованого повітря та стічних вод. В основі підходу до екологізації

технологічного циклу (ресурсного циклу) будь-якого виробництва закладений соціо-еколого - економічний принцип. Він зберігається і в умовах ринкових відносин.

Харчова промисловість належить до числа матеріалоемних галузей, оскільки використовує значну кількість природних, сировинних паливно-енергетичних та водних ресурсів. У більшості галузей промисловості питома витрата сировини та матеріалів, тобто витрата сировини та матеріалів на одиницю випущеної продукції достатньо велика.

Цей показник суттєво впливає не тільки на розвиток і розміщення виробництва, формування сировинних зон та термінів переробки сировини, але й на екологічність виробництва в цілому.

Серед першої, найбільш багато чисельної групи виробництва, для яких характерні високі питомі витрати сировини та матеріалів – цукрові, спиртові, крохмало-паточні, масложирові, консервні, виноробні та інші заводи.

Третю групу виробництва складають такі, в яких маса готової продукції значно вища маси сировини. До них відносяться виробництво хліба, пива, лікєро-горілочаних виробів та інші галузі. Як правило вони розташовуються в районах споживання готової продукції.

До другої групи відносять галузі, для яких звичайно слугують продукти інших галузей харчової промисловості. Це кондитерські та макаронні фабрики, маргаринові та цукрово-рафінадні заводи.

Кожне з харчових виробництв в тій чи іншій мірі забруднює навколишнє середовище за рахунок викиду ряду шкідливих речовин у атмосферу, утворення стічних вод і твердих відходів. Харчова промисловість займає 14 місце серед галузей і виробництв промислового циклу за рівнем забруднення навколишнього середовища. До 10% стічних вод промислових підприємств припадає на долю харчових виробництв.

Характеристика викидів підприємств.

Викиди промислових підприємств розділяють на неорганізовані та організовані. Неорганізовані викиди – це викиди газів, пари, пилу та стічних вод, які утворюються в результаті нещільностей в апаратах, установках, трубопроводах, комунікаціях, через віконні та дверні прорізи, особливо при відкритих процесах завантаження і розвантаження продуктів, при погано організованому транспортуванні та складуванні

пильних та виділяючи гази матеріалів, хімікатів, відходів виробництва. Особливо небезпечні для повітряного середовища та водоймищ аварійні (залпові) викиди рідких та газоподібних речовин, які утворюються при порушенні технологічних процесів, при несправностях та за іншими причинами.

Організовані викиди – це викиди, які відводять від місць їх утворення системою повітропроводів, газоходів (димові труби, шахти, загально обмінні вентиляційні системи) від технологічного обладнання.

Викиди в атмосферу харчовими підприємствами можна поділити на наступні групи:

- викиди, які супроводжуються при виділенні енергії та теплоти і в результаті використання транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання;
- викиди, які супутні основним технологічним процесам;
- викиди цехів по переробці вторинних матеріальних ресурсів;
- викиди допоміжних цехів та виробництв.

Джерелом першої групи викидів на підприємстві є теплоелектроцентралі та паросилове обладнання, хлібопекарні печі, а також автотранспорт. В якості палива в хлібопекарській промисловості використовують газ, мазут та тверде паливо – кам'яне вугілля. У хлібопекарських печах використовують переважно природній газ або електрообігрів. На пекарні використовується електрична енергія – екологічно чисте паливо.

На пекарні специфічно організованими викидами є борошняний та цукровий пил.

При бродінні тіста виділяється діоксид вуглецю, який утримує етиловий спирт, альдегіди та складні ефіри. Для уловлювання парів етилового спирту і летких домішок гази бродіння повинні проходити через спиртовловлювачі.

Нині на більшості заводів діоксид вуглецю використовується як вторинний матеріальний ресурс та направляється в атмосферу, а в цех товарного продукту.

Стічні води підприємства без очищення скидаються в міську каналізаційну мережу.

Санітарні відходи (забруднене борошно, тісто, хліб), що створюється в результаті очищення обладнання та виробничих приміщень, збираються у спеціальну тару та вивозяться до підсобних господарств, в якості корму для тварин.

Охорона водоймищ від забруднень стічними водами.

Основна кількість стічних вод пов'язана з мийкою технологічного обладнання, тістоспусків, трубопроводів. Мийка технологічного обладнання здійснюється розчинами лугів, кислот. Загальне стічне скидання формується із усіх стічних потоків.

Для зменшення кількості стічних вод використовується система зворотного водопостачання. Водовідведення відбувається шляхом скидання промислових потоків у самоточний заводський колектор діаметром 300 мм, а також в міський колектор діаметром 500 мм. Вода після охолодження технологічного обладнання потрапляє в градирню. Охолоджена вода змивається в бак, а потім насосом подається до вищевказаного обладнання.

Застосування зворотної системи водопостачання скорочує витрату споживаної води на 860 м³/год. Для попередження розвитку біологічних обростань теплообмінних апаратів, трубопроводів і градирень передбачається обробка води гіпохлоридом натрію.

З метою встановлення контролю за раціональним використанням води, врахування споживаної води і її економії проектом передбачається установка водомірних пристроїв на системах питної, технічної і оборотної води.

Забруднення атмосферного повітря.

При бродінні тіста виділяються діоксид вуглецю (CO₂) який утримує етиловий спирт (C₂H₅OH), альдегіди та складні ефіри. Для уловлювання парів етилового спирту і легких домішок газу бродіння повинні проходити через спиртовловлювачі. У наш час на більшості заводів діоксид вуглецю використовується як вторинний матеріальний ресурс та направляється не в атмосферу, а в цех товарного продукту.

У таблиці наведені значення ГДК деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря.

Таблиця 1.

Речовини	Клас небезпеки	Гранично допустима концентрація, мг/м ³	
		ГДК _{м.р.}	ГДК _(с)
NO ₂	2	0,085	0,040
CO	4	5,000	3,000
SO ₂	3	0,500	0,050

Хлор	2	0,100	0,030
Озон	1	0,160	0,003
Аміак	4	0,200	0,040
Спирт метиловий	3	1,000	0,500
Етиловий	4	5,000	5,000
Пил борошняний	4	0,500	0,150
Цукровий	4	0,500	0,150
Бензин (а) - пірен	1		1×10^{-6}

Для контролю за станом атмосфери розроблені санітарно-гігієнічні норми. Основною фізичною характеристикою домішок атмосфери є концентрація речовини в одиниці об'єму (мг/м^3) повітря при нормальних умовах. Розрізняють максимально разову ГДК_{м.р.} та середньодобову ГДК_(с) гранично допустимі концентрації шкідливих речовин. Характеристика скидів.

Стічні води хлібозаводу (води, використані у виробничому циклі та призначені для спуску у водойми або каналізацію) являють собою складну фізико-хімічну систему. В ній затримуються не тільки розчинні частки, але й частки різного ступеню дисперсності (від 10^{-9} до 10^{-2} м). Крім зважених часток в них міститься значна кількість забруднювачів. Розчинених речовин органічного та неорганічного походження.

Стоки хлібозаводу – багате середовище для мікроорганізмів активного мулу. Воно характеризується наявністю зважених частинок (150 мг/л), рН 6,0÷7,0, повне біологічне споживання меню БСК=500÷700 мг О/л, хімічне споживання кисню ХСК=600÷700 мг О/л.

Водозабезпечення підприємства здійснюється за рахунок міського водопроводу та артезіанської свердловини.

Виробничі стоки заводу не повинні порушувати роботу каналізаційних мереж та споруд, сприяючи корозії або відкладенню осадів: концентрація зважених часток вод не повинна перевищувати 500 мг/л. рН не повинно бути нижчим 6,5 і вищим 8,5; температура стоків повинна бути не вище 40⁰С. У таких водах не повинно бути речовин у концентраціях, які перешкоджають біологічній очистці стоків міста. Небезпечних бактеріальних і токсичних забруднень, смол, мазуту та бензину.

Каналізаційні міські системи також потребують певної підготовки стічних вод. Стічні води хлібозаводу тільки пройшовши механічну очистку у систему міської каналізації. Іноді виникає необхідність вловлювання жирових речовин.

На кожному підприємстві утворюється велика кількість вторинних матеріальних ресурсів (ВМР), відходів.

Несвоєчасна та неповна переробка ВМР, а також відходів виробництва призводить до їх псування інфікування, втраті цінних властивостей, а головне до пагубного впливу на навколишнє середовище. При цьому ступінь забруднення стічних вод різко збільшується і собівартість продукту також.

Стічні води підприємства без очищення скидаються в міську каналізаційну мережу. Склад і параметри стічних вод відповідають “Умовам скиду стічних вод в каналізаційні мережі”. З метою економії води та зменшення кількості токів передбачається оборотна та циркуляційна система водопостачання. В результаті вказаних заходів хлібокомбінат раціонально використовує водні ресурси і негативного впливу на водойми не чинить.

Загальні висновки

В даній дипломній роботі розглянуто взаємозв'язок не ньютонівського середовища (тіста) з обертовими валками в процесі його нагнітання на машині Б-4-58. Дано аналіз технологічного та конструктивного характеру дії робочих органів на стискання, транспортування та формування тіста.

Відповідно до проведеного аналізу в роботі запропоновано й розроблено:

- математичну модель нагнітання тіста валками у вузлі машини;
- проведено аналіз деформацій дріжджового тіста в умовах стискання;
- на основі багатофакторного аналізу визначено основні конструктивні характеристики валкового робочого органу.

Для досягнення запропонованих рішень, в роботі передбачено:

- аналіз основних формалізацій математичного опису;
- розглянуто моделі, що описують роботу дії валків;
- розроблено конструкцію валкових робочих органів для проведення досліджень на кафедрі ОХ;
- розглянуто прилади для вимірювання структурно- механічних характеристик тіста;
- визначено реологічні характеристики вибродженого тіста;
- досліджено залежність стискання тіста від встановленого зазору між обертовими валками.

Результати проведених досліджень встановили, що валки мають досить велике значення на проходження процесу та визначають його якість. Так при обертанні 1.7c^{-1} , тісто має найкращі свої показники: не змінюється температура, адгезійні властивості не впливають на порушення взаємодії тіста із поверхнею валків.

Перелік посилань

1. Закалов О.В. Курсове проектування з технологічного обладнання харчових виробництв : навчальний посібник / Закалов О.В. Ворощук В.Я.– Видавництво ТНТУ ім.І. Пулюя, 2011.– 121с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах.- М.:Машиностроение, 1980-560с.
3. Кузьмин А.В. и др. Расчеты деталей машин: Справ. пособие/ А.В. Кузьмин, И.М. Чернин, Б.С. Кузинцов. – 3-е изд., перераб. и доп.- Мн.: Выш. шк., 1986. – 400 с. ил.
4. Гузенков П.Г. Детали машин: Учеб.пособие для студентов вузов. – 3-е изд., переб. и доп. – М.: Высш. школа, 1982. – 351 с.
5. Чернавский С.А., Боков Н.К., Чернин И.М. Курсовое проектирование деталей машин.-М.: Машиностроение,1987.-416с.
6. Оборудование предприятий молочной промышленности. – 2-е издание. Лукьянов Н.Я., Барановский Н.В. – М.: Пищеваяпромышленность, 1968. – 407с.
7. Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704.
8. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни “Деталі машин” (для студентів напрямку “Інженерна механіка”) / Сост.: В.Г. Нечепаєв, В.П. Оніщенко, В.П. Блескун, О.В. Деркач, В.С. Ісадченко, П.М. Матеко, В.О. Голдобін. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. - 45 стор.
9. Пневматические устройства и системы в машиностроении: Справочник / Е.В. Герц, А.И. Кудрявцев, О.В. Ложкин и др. Под общ.ред. Е.В. Герц – М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.
10. Конструирование и расчет машин химических производств: Учебник для машиностроительных вузов по специальности “Химическое машиностроение и аппаратостроение»/Ю.И. Гусев, И.Н. Карасев, Э.Э.
11. Кольман-Иванов и др. – М.: Машиностроение, 1995.-408 с., ил.
12. ГОСТ Р 52857.1-2007 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования.

13. Оборудование для производства сыра и переработки сыворотки/Г.Г.Шилер, Л.К. Шнейдер, Б.Г. Миргородский и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 207 с.: ил.

14. Сурков В.Д. и др. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности / Сурков В.Д., Липатов Н.Н., Золотин Ю.П. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 432 с.

15. Горбатов А.В. Реологія м'яснихі молочних продуктів. -М.: Пищевая промышленность, 1979 . - 382 с.

ДОДАТКИ

<i>З.м.н.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дат.</i>		<i>2</i>

<i>форма</i>	<i>т</i>	<i>зона</i>	<i>Позиція</i>	Позначення	Найменування	<i>кіль</i>	<i>примітка</i>
					Документація		
				<i>ДР146.01.00.000 СК</i>	<i>Складальне креслення</i>	<i>1</i>	
					<i>Пояснювальна записка</i>	<i>1</i>	
					Деталі		
		<i>1</i>		<i>ДР 146.01.00.001 СК</i>	Станина	<i>1</i>	
		<i>2</i>		<i>ДР 146.01.00.002 СК</i>	Двигун	<i>1</i>	
		<i>3</i>		<i>ДР 146.01.00.005 СК</i>	<i>Поршневий речаж</i>	<i>1</i>	
		<i>4</i>		<i>ДР 146.01.00.009 СК</i>	<i>Шатун</i>	<i>2</i>	
		<i>5</i>		<i>ДР 146.01.00.012 СК</i>	<i>Коромисло</i>	<i>1</i>	
		<i>6</i>		<i>ДР 146.01.00.014 СК</i>	Корпус нагнітальної головки	<i>1</i>	
		<i>7</i>			Нагнітальний валок	<i>2</i>	
		<i>8</i>			<i>Собачка</i>	<i>1</i>	
		<i>9</i>			<i>Скалка</i>	<i>4</i>	
		<i>10</i>			<i>Скидач</i>	<i>4</i>	
		<i>11</i>			<i>Натяжний</i>	<i>1</i>	
		<i>12</i>			<i>Завантажувальний бункер</i>	<i>1</i>	
		<i>13</i>			<i>Храпове колесо</i>	<i>1</i>	
		<i>14</i>			<i>Стрічка конвеєра</i>	<i>1</i>	
		<i>15</i>			<i>Копір великий</i>	<i>1</i>	
		<i>16</i>			<i>Копір малий</i>	<i>1</i>	
		<i>17</i>			<i>Основний вал</i>	<i>1</i>	
		<i>18</i>			<i>Ступиця шестерня</i>	<i>1</i>	
		<i>19</i>			<i>Трьохплечий ричаг</i>	<i>1</i>	

					ДР 146.01.01.000 СП					
<i>Змн</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Бублична подільно-закаточна машини Б4-58			<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Архівів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Кикина І.</i>								
<i>Перевірів</i>		<i>Стадник І.</i>								
<i>Рецензент</i>										
<i>Н.контр.</i>		<i>Ворожук ВЯ</i>								
					ТНТУ ФХМ каф.ОХ гр.МОМ-61					

<i>Затверд.</i>	<i>Вытенько Т</i>				
-----------------	-------------------	--	--	--	--