

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Удосконалення конструктивних параметрів вузла універсальної ділильно-розкочувальної машини»

Виконав: студент VI курсу, групи ХОМ-61

спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Саварин В. І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Стадник І.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Марущак П.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль – 2023 року

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

Кафедра Обладнання харчових технологій
Дисципліна _____
Спеціальність 8.05050313 – Обладнання переробних і харчових виробництв
Курс V1 Група МО_м-61 Семест 11
р _____

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

Саварин Владислав Ігорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема проекту (роботи) **«Удосконалення конструктивних параметрів
валка у вузлі ділильно-розкочувальних машин»**

Керівник роботи Стадник Ігор Ярославович – д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від “09” 2023 року №

Строк подання студентом проекту (роботи) “ 18” 12 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту подільно-закаточої машини Б-4-584.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ .1. Аналіз сучасного стану роботи тістоподільно-закаточних машин і обґрунтування основного напрямку дослідження. Поділ та формування тіста при дії валків. Реологічні властивості середовища, що визначають вимоги до конструкцій робочих органів при формуванні. . Призначення та функціональні ознаки подільно-закаточних машин з валками. Техніко-економічне обґрунтування. Фізичне моделювання поведінки тіста при дії валків в процесі нагнітання. Призначення та функціональні ознаки валкових машин. Підходи до досліджень впливу валків на тісто Моделювання процесу нагнітання дріжджового тіста Структури можливих потоків тіста між валками. Моделювання рівня стискання тіста в процесі нагнітання. Обґрунтування параметрів вузла нагнітання. 4. Результати дослідження дії валків на тісто. Енергетичний підхід до процесу дії валків на тісто. Моделювання роботи вузла нагнітання. Математично-статистичне моделювання дії валків на тісто. Висновки. Перелік посилань

- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Графік стискання Ф-А1; 2. Графіки Ф-А1;

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання “06 2023 року .

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>Вступ</i> . Вступ .1. Аналіз сучасного стану роботи тістоподільно-закаточних машин і обґрунтування основного напрямку дослідження. Поділ та формування тіста при дії валків. Мета і задачі роботи.	.	
2.	Фізичне моделювання поведінки тіста при дії валків в процесі нагнітання. Призначення та функціональні ознаки валкових машин.	.	
3.	Підходи до досліджень впливу валків на тісто Моделювання процесу нагнітання дріжджового тіста Структури можливих потоків тіста між валками.	.	
4.	Результати дослідження дії валків на тісто. Енергетичний підхід до процесу дії валків на тісто. Моделювання роботи вузла нагнітання. Математично-статистичне моделювання дії валків на тісто	.	
5.	Висновки	.	

Студент

Саварин Владислав Ігорович (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

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

ЗМІСТ

ВСТУП

1. Розгляд конструкції основного обладнання, вузлів та принципу дії машин з валковими робочими органами.....

1.1. Призначення та галузь застосування машин з валковими робочими органами

1.2. Конструктивні особливості та принцип дії валків у базовій машині формування бубликів

1.3. Технічні характеристики формувальної машини Б-4-58-D.....

1.4. Задачі дослідження

РОЗДІЛ 2. Постановка задачі щодо розробки проектно-технологічних і конструктивних рішень модернізації вузла формувальної машини

2.1. Структура теоретичних і експериментальних досліджень

2.1.1. Експериментальні дослідження

2.1.2. Проектно - технологічні розрахунки

2.2. Аналіз функціональних ознак валків

2.3. Модернізація валка для обробки полімерного середовища

2.3.1. Обґрунтування параметрів у вузлі нагнітання

2.4. Обґрунтування запропонованої модернізації

2.4.1. Аналіз структури формувальної машини

2.4.2. Розрахунок приводу

РОЗДІЛ 3. Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції вузла

3.1 Параметричні розрахунки

3.1.1. Аналіз структури формувальної машини

3.1.2. Кінематичні розрахунки

3.1.3. Числове значення обертів нового валка

3.2. Визначення розпірних зусиль та сумарної технологічної потужності

3.3 Розрахунок нової конструкції рихлів

3.3.1. Розрахунок шпонки

3.4. Розрахунки на міцність конструкцій

3.4.1 Розрахунок валка

3.5. Розрахунки, що підтверджують надійність конструкції

3.5.1 Розрахунок довговічності підшипників валка

3.5.2. Розрахунок формувального вузла

3.5.3. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів

РОЗДІЛ 4. Обґрунтування оптимальних параметрів валків для розкачування тіста

4.1. Встановлення особливостей руху середовища в зазорі між валками

4.1.1. Визначення розподілу напруження й деформацій розвинутих на поверхні валка в відносно радіусу

4.1.2. Розробка 3D-моделі базової і модернізованої частини установки

4.2. Визначення розподілення рівня стискання тіста в зазорі між валковими

4.2.1. Визначення питомої потужності

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5.1. Вимоги до безпеки при роботі з машиною ділильно-розкатувальною»

5.2. Розроблення заходів захисту роботи від повеней.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....

ДОДАТОК А.

Анотація

Автор: Саварин Владислав Ігорович студент групи МО_М-61 Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Тема дипломної роботи: «Удосконалення конструктивних параметрів валка у вузлі ділильно-розкочувальних машин»

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 розділах роботи розкрито суть модернізації, наведено фізичне моделювання конструктивних параметрів вузла універсальної ділильно-розкочувальної машини, поведено комплекс розрахунків надійності і довговічності деталей. У конструкторській частині проведені основні конструкторські розрахунки нагнітального вузла. Третій й четвертий розділи розкриваються розрахунки визначення впливу конструктивних факторів на роботу модернізованого вузла нагнітання – форми валків. Графічна частина представлена двома аркушами формату А1 на яких приведено загальний вигляд, кінематику та дослідні дані-математичне моделювання і графіки.

Вступ

Результатом технічного рішення є те, щоб значно зменшити витрати енергії під час переробки вязких матеріалів. Це може відігравати важливу роль у зменшенні витрат та сприяти сталому виробництву. Конструкція валка сприяє високому коефіцієнту теплообміну, що може бути важливим для оптимального теплового режиму процесу. Це може покращити ефективність системи та якість продукту. Оскільки це може призвести до зменшення витрат на обслуговування та збільшення часу безперервної роботи машини.

Підхід до використання 3D-моделювання та програмного забезпечення для створення моделей вузлів та розрахунків є важливим і сучасним етапом в розробці технічного рішення. 3D-моделювання і програмне забезпечення дозволило точно відобразити обрані модернізації та провести реалістичні розрахунки їх впливу на різні аспекти машини, такі як якість продукції, енергоефективність та довговічність. Графіки, на яких відображені результати моделювання та розрахунків, допомагають візуалізувати та легко сприймати інформацію. Результати моделювання можуть слугувати як доказом концепції перед впровадженням модернізацій. Вони дозволяють переконатися, що обрані зміни дійсно призведуть до покращень, які були спроектовані.

Дослідження руху середовища, особливо тіста на поверхні валків, може допомогти в оптимізації процесу та забезпеченні кращих результатів.

Для дослідження характеру руху тіста на поверхні валків, використано методи, такі як: візуальні спостереження; вимірювання тиску; моделювання за допомогою програмного забезпечення. Використано програми для моделювання руху тіста на поверхні валків. Це дозволить теоретично дослідити вплив різних параметрів, таких як діаметр валків і зазору, на рух тіста.

1. РОЗГЛЯД КОНСТРУКЦІЇ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ, ВУЗЛІВ ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ МАШИН З ВАЛКОВИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

1.1. Призначення та галузь застосування машин з валковими робочими органами

Машини з валками є одна з найбільшою числовою групою устаткування для народного господарства. Особливо для харчових, переробних та фармацевтичних підприємств. Для цих галузей є відмінність у досить складних конструкціях та різноманітність принципових схем. Розгляд схем машин та використання розроблених математичних залежностей дозволяє зробити порівняльний аналіз і висновки щодо переваг, недоліків тієї чи іншої машини. Для полегшення аналізу робочих процесів, запропоновано класифікацію машин (рис.11).



Рис.1.1. Класифікаційна схема валкових машин

Конфігурація валків, частота обертів досить часто впливає на форму, вид і ступінь механічної деформації середовища із його оптимальною величиною. Досягається цих конструктивних впливів підбором відповідної форми поверхні та розмірів із встановленим числом валків, чистоти робочого циклу (обертів та переміщень) протягом часу. Часто враховуються усі вище згадані чинники.

Сьогодні досить чітко прописано, що для транспортування пшеничних сортів тіста валки мають діаметр рівний від 100 до 250мм. Оптимальна віддаль між валками становить від 10 до 12мм. Для житньо- пшеничних сортів тіста із вологістю від 50 до 53% діаметр валка має бути не меншим 220мм. Частота обертання валків не має перевищувати 0,7м/с. Поверхня валків зазвичай повинна бути рифленою.

Привід нагнітальних валків має визначатися потрібною потужністю [8,12]:

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

де ω – швидкість кутова валків, рад/с;

M – загальний момент на приводі валу валка:

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

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

Із основних умов формувальної машини є ефективні методи боротьби з прилипанням та частковим розмазанням тіста по валках.

Потужність, необхідна для приводу валків можна визначити за виразом через M – крутний момент на валиках [18]:

$$M = P \left(D \sin \frac{\beta}{2} + d_0 \mu \right), \quad (1.3)$$

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

Виробництво кондитерських виробів приготовленого із борошна і дріжджів (бублики, сушка та ін.) після замішування і попереднього бродіння з тривалістю до 40...60хв. поступає на формування. В бункері формувальної машини виброджене тісто попередньо одержує механічний вплив – розкачування і в подальшому поступає на обробку – формування виробу.

Отже валки визначають суть процесу роботи машини. Вони відіграють роль нагнітання, розкачування тіста та сприяють у дозуванні напівфабрикату. 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.

Робота машин з валками спрямована у забезпеченні технологічних операцій: розкачування, транспортування, формування, нагнітання середовища при урахуванні властивостей. Конструктивні машини з валками - є складними у порівнянні з іншим класом машин. Це визначає досить складна кінематика.

Робочим циклом в машині з валками проходять такі операції:

- заповнення робочого бункера середовищем;
- стискання до встановленого тиску;
- переміщення по поверхні валка;
- нагнітання і заповнення мірних пристроїв (в закаточно-формувальних, тістоподільних машинах);
- стабілізаційні впливи на тиск;
- затування та розкачування встановленої маси заготовки середовища;
- можливість сприяти у поверненні надлишку середовища в робочий бункер камери.

Залежно від особливості конструкції валків в машині, перелічені операції можуть: з'єднатися, змінитися у послідовності та усі вилучатися. Операції визначають роботу процесу, де основними функціями вузла машини є нагнітальний вузол. Середовище під тиском заходить у простір між валками.

Сьогодні не існує класифікації валкових машин. Їх можемо розбити на дві групи: з встановленим фіксованим ритмом роботи та нефіксованим. Фіксований ритм в машинах передбачає, що привід робочих органів здійснюється при жорсткій кінематичній схемі за певної періодичності. Машин з не фіксованим ритмом механізмів, не пов'язані із загальним приводом машини. Вони включаються від імпульсу, одержаного при наповненні об'єму мірної кишені середовищем або при одержанні заданої довжини середовища. Незважаючи на всі операції процесу в машині, що відбуваються за певної послідовності, узагальнений час їх циклу роботи є змінний і винятково має залежність від подачі середовища. У машинах з не фіксованим ритмом, може змінюватися

точність роботи та вони мають складну конструкцію. Отже важливими елементами машини є валки, бункер робочої камери та пристрій для ділення.

Залежно від способу дії на середовище, валкові робочі органи розміщують: горизонтально, паралельно і вертикально один над одним (розкачка), комбіновано (транспортування). Дане розміщення валків сприяє у забезпеченні стабільного тиску в камері машини при відмірюванні дози середовища або розкачуванні. Є сьогодні машини одновалкові для замішування [16]. Дані машини в основному використовують на мініпекарнях.

До конструкції формувальної машини ставлять наступні вимоги:

- можливість регулювання маси відміряного шматка заготовки у межах залежно сорту, складу і консистенції;
- постійна швидкість розкатоного листа середовища;
- забезпечення постійної течії середовища для точності операції формування.

1.2. Конструктивні особливості та принцип дії валків у базовій машині формування бубликів

Впровадження новітніх технологій при застосуванні валків різних конструкцій в значному рівні залежить від ефекту впливу на середовище. Переробка пластичних мас вимагає використання машини із валками. Тому їх застосування часто використовується в технологічних процесах харчових виробництв. Широкого застосування вони набули в штампмашинах ФПЛ-1, А2-ШФЗ; формувальних машинах для бубликів Б-4-58 і печива; закачувальних машинах Т1-ХТ2-3, С-500М.

Саме валки використовують при транспортуванні, нагнітанні, розкачуванні середовища та створення умов у дозуванні напівфабрикатів. Без сумніву, конструктивне оформлення даної машини має неабияке значення з погляду якісного формування структури в'язкого середовища (тіста). Мікробіологічні протікаючі процеси в напівфабрикатах володіють потенційними можливостями 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.

Вважають, що ефективними є валки, так як не активно впливають на структурно-хімічні властивості напівфабрикатів. Крім того до їх основних функцій належить транспортування, розкачування та якісна подача до формувальної головки машини середовище. Тому процеси, що відбуваються в робочих камерах із валками мають специфіку: 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.

Паралельне розташуванням валків для роботи лінії переробки вязкого середовища з пластичністю, а також для виробництва бубликів на основі дріжджового тіста, на основі здобного виробу (печива, пряників) і на лінії конвеєрної стрічки при виготовленні спеціальних виробів. На валках зазвичай виконується операція:

- 1) двостороння обкатка середовища;
- 2) двостороння обкатка середовища для виробу у вигляді транспортерної стрічки;
- 3) транспортування середовища в зазор формувальної головки;
- 4) одnobічна обкатка середовища;
- 5) листування тіста.

Машина складається (рис. 1.2) з механізму 6 приймання і подачі тіста, пульта 17, станини 19, трьох змінних формувальних головок 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.

Найбільш важливим валків у машині **Б-4-58-D** є остаточне формування пластичної маси. Формуючи в зазорі при товщині 0,4...3 мм, валки відносяться до основних робочих органів машини. Валки змонтовані на валах, які встановлені в підшипниках кочення. Корпуси підшипника нижнього валу нерухомі. Вони закріплені на корпусі стінки машини. Корпус підшипників іншого валка є підвісними. Його переміщення служить для регулювання зазору між валками. Валки виготовлені з кокильного чавуна із твердість 45...50 HRC.

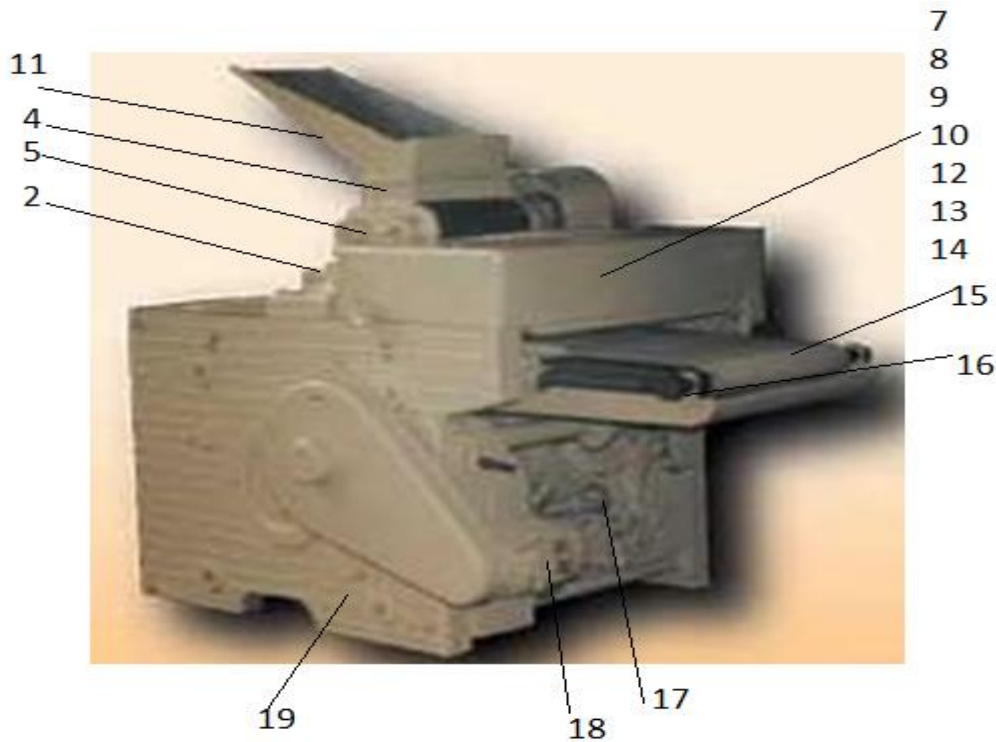


Рис. 1.2. Ділильно-розкочувальна машина **Б-4-58-D**

Станина машини є головною несучою конструкцією усіх технологічних вузлів і пристроїв. До її складу входить дві масивні чавунні плити, розташовані на фундаменті. Відповідно до плит закріплено дві стійки. Сійки зв'язані між собою зварною траверсою 3. При випадках великого розтискного зусилля для компенсації прогинів верхнього й нижнього валків передбачено механізм деформації. Він встановлений по боках в корпусах підшипників.

Тісто завантажують в приймальний бункер 11(1) з якого валки 5 (4) подають в камеру. Поршні 3 (5) знаходяться у крайньому лівому положенні. Рух поршнів проворуч здійснюється кулачком 20 важілем 21 і тягою 2. Ущільнене тісто входить в циліндричні гільзи 10. Воно витискується через зрізи гільз і скалок, що утворені кільцевими щілинами. Маса 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.

Машина дозволяє створити комплексний підхід до механізованого процесу поділу, формування та укладання заготовок на кондитерські листи з подальшим транспортуванням на вистіювання у агрегаті.

Технічні характеристики Ж7-ДРМ

Характеристика	Ж7-ДРМ-2	Ж7-ДРМ-3
Продуктивність технічна, кг/год для бубликів масою 0,1 кг, не менше для бубликів (25-45 шт. на 1 кг) для сушіння (95-150 шт. на 1 кг)	320 90- 200 35-65	480 90-300 35-90
Встановлена потужність, кВт	3,0	4,4
Потужність, кВт	1,8	2,5
Тривалість циклу, з	3- 3,75	2,4-3,75
Кількість обслуговуючого персоналу, чол	1	1
Живлення електрообладнання, Напруга, В	380	380

частота, Гц	50±1	50±1
Висота стрічки конвеєра над рівнем підлоги, мм.	820-1000	820-1000
Габаритні розміри, мм	1820	
довжина	800	1820
ширина	1500-	1020
висота	1680	1500-1680
Займана площа, м2	1,5	1,8
Маса машини без змінного вузла, кг	800	1500

П
орі

вняння технічних характеристик тістоділильної машини **Б-4-58-D**

Продуктивність напівфабрикату до 0,045 кг, шт/хв	20-40
Маса бублика (тісто), кг	0,022-0.09
Потужність електричного двигуна, кВт:	1,5
Габарити, мм:	
довжина, мм	2700
ширина, мм	915
висота, мм (без приймальної труби і електроприводу)	1500
Маса, кг (без електропривода, капотів і електроапаратури)	1000

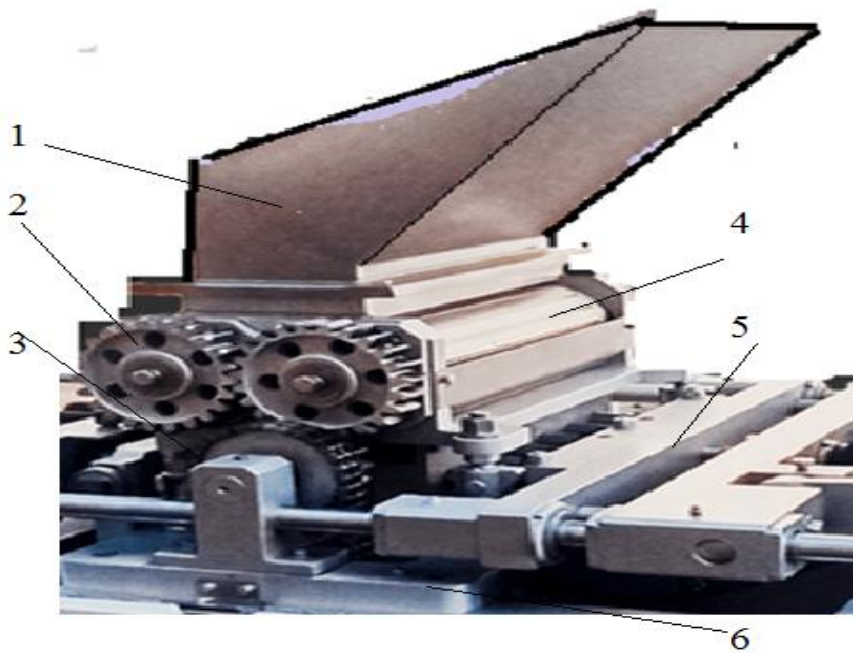


Рис. 1.3. Вузол розкочування машина Б-4-58-Д

Регулювання робочих зазорів між валками виконується механізмами регулювання зазору 2. Привід валків здійснюється від загального електродвигуна через блок-редуктор. Вал коробки передач з валом двигуна з'єднаний шарнірним карданним валом 6. Він сприяє у забезпеченні перехресування та переміщення валів. Подача валками середовища має була рівномірною та безперервною. Для цього встановлено спеціальний живильний пристрій. Він складається з конвеєра для подачі виробів, механізму передачі коливального руху для рівномірного розподілення. Механізми приводяться в рух асинхронним двигуном.

1.3. Техніко-економічне обґрунтування модернізації валків подільно-закаточної машини Б-4-58-Д

Технологічна лінія виробництва бубликів складається із наступних технологічних операцій: транспортування компонентів зі складу та подачі їх у проміжні бункери та ємності; дозування компонентів; приготування тіста; формування виробу; випікання; охолодження готового виробу; упаковка та розбраковування бубликів. На рис. 1.3. подано технологічну схему виробництва

бубликів.

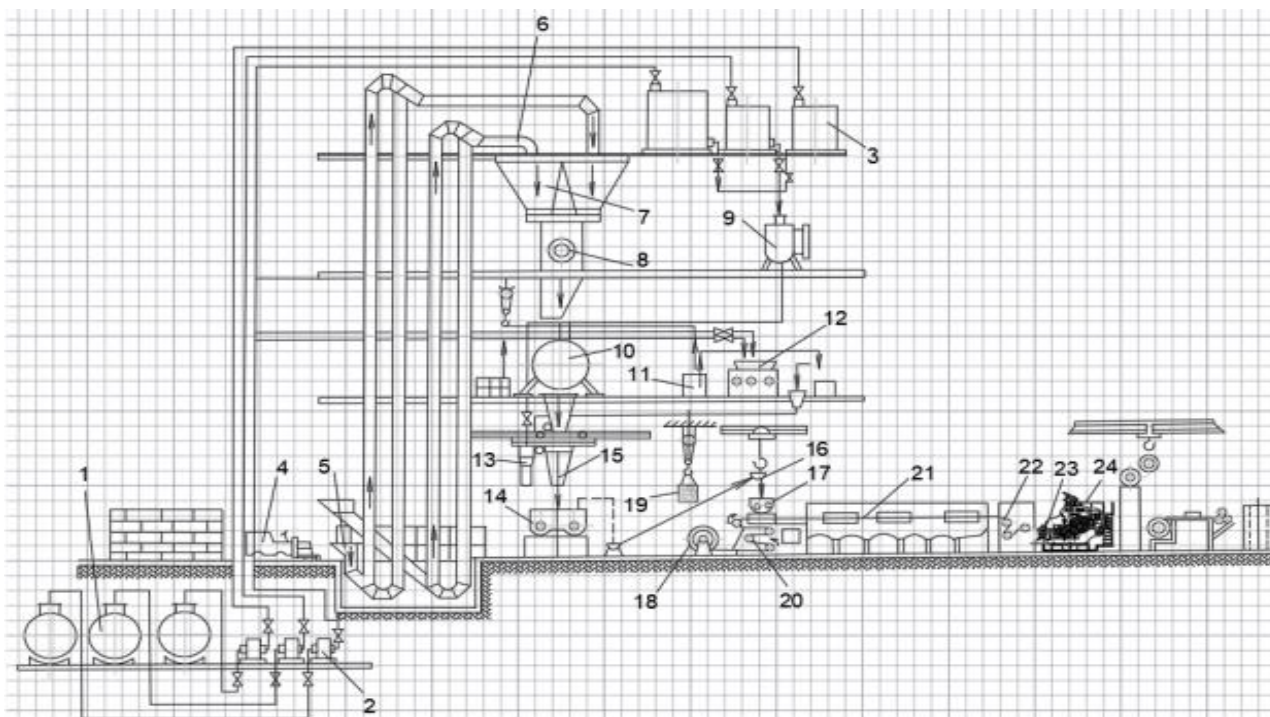


Рис.1.3. Схема виробництва бубликів

Компоненти із складських ємностей 1 при допомозі насосів 2 транспортуються у додаткові баки 3 у змішувальнім відділенні. Додаткова сировина надходить із складу в мішкотарі. Вона доставляється в цех електрокарою 4. Сухі компоненти розчиняють та лішкою 6 елеватора подається на сито просіювання. Потім сировина шнековими живильниками 7 поступає в проміжні бункери 8. Рідкі компоненти поступають у об'ємний мірник 9. З дозаторів компоненти надходять до змішувальної машини 10 для перемішування.

Для приготування бублика подільського використовують сировину, завантажену в спец видатковий бункер 11. Приготовлене тісто у змішувальній машині потрапляє на формувальну машину 12. Кольорове замішування тіста проходить при роздатковім бункері 13 та змішувачі 14. Для цього звичайно застосовують змішувач СМ-400. На рис. 1.4. показаний змішувач СМ-400.[3]

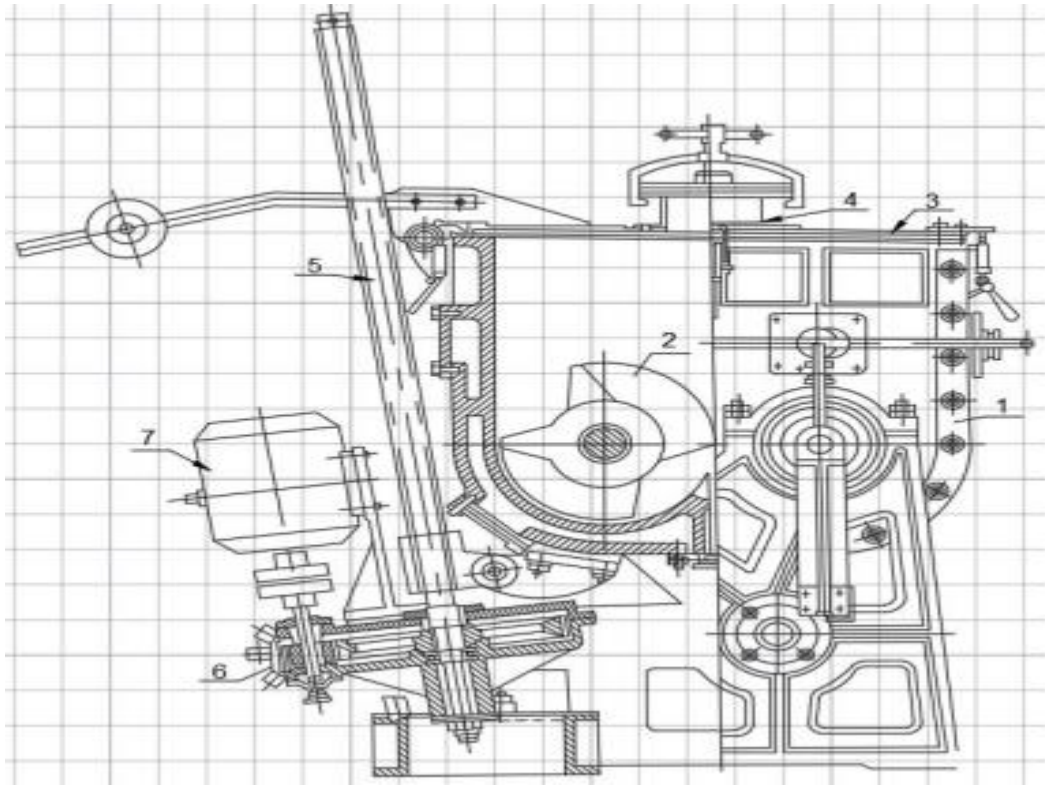


Рис.1.4. Змішувач СМ-400: 1 - корпус змішувача; 2 - лопаті; 3 - відкидна кришка; 4 - завантажувальний отвір; 5 — гвинт для нахилу та підйому корпусу; 6 - електропередача; 7 - електродвигун; 8 - гайка корпусу змішувача

Дно корпусу є у вигляді двох напів циліндрів. Маса компонентів неперервно змішується двома Z-подібної форми лопатями. Вони обертаються з різними швидкостями. Інтенсивне перемішування маси компонентів та перетирання в зазорі між лопатями і корпусом.

Готова маса тіста вивантажується із машини нахилом робочої камери на 90 °. Лопаті вивантажують масу тіста із камери на вагонетку. Особлива увага приділена підготовці формувальній машині. Для виробництва великої маси встановлюється кілька змішувачів.

Сьогодні техніка з валками для потреб харчової промисловості по переробці борошна, як бачимо, досить консервативна. Українські машинобудівні заводи по-старому виробляють машини давньої розробки, а це практично десятиліттями не було суттєвих модернізацій. Вплив валків на тісто з низькою вологістю стало практично складним завданням. Час від часу можна побачити новації в машинах з валками. Вони не принципові.

Валкові машини для сучасних швидкісних методів формування тіста при розкачуванні із використанням старих пазових валків, мають суттєві недоліки із невідповідністю до сучасних вимог. Насамперед це відноситься до подільно-закаточної машини **Б-4-58-D**

. У ній частково збалансовано дію робочого й гальмівного елементу (дискретність, зазор), відсутність регулювання режиму дії валків на тісто та інше. Також основним недоліками машини **Б-4-58-D** є погана можливість (незручність) регуляції змін подачі тіста. Відсутність стабілізатору тиску в камері для формування виробу. Однак валки нагнітання тіста мають суттєву перевагу: простоті конструкції, надійності в роботі із бережним впливом на структуру тіста.

Таким чином, процеси формування бубликів із тіста мають важливу роль в промисловості. Формування напівфабрикатів автоматизованим методом є простішим і надійнішим. Тому аналіз валків визначає три основні параметри: діаметр, зазор між валками, частота обертання. Найбільш поширені валки у використанні в кондитерською і хлібопекарською промисловістю, подано на рис. 1.5. Винахідники сьогодні спрямовують розробки на форму поверхні валка, де змінюється профіль паза без зміни діаметрів (рис. 1.5 б,в), частоти обертання.

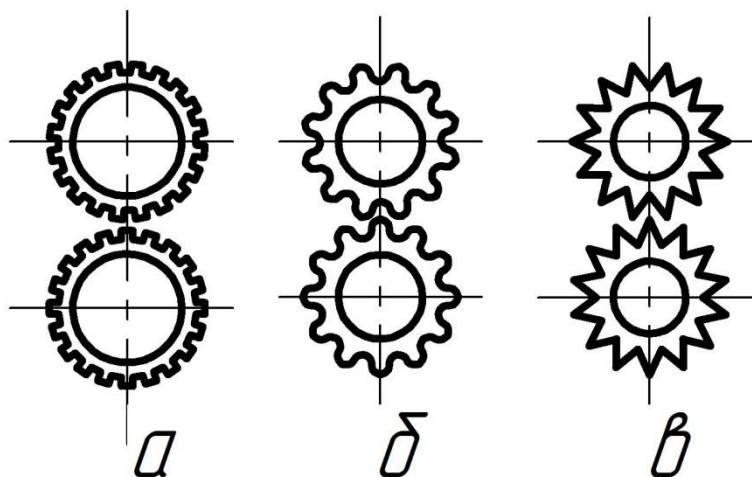


Рис. 1.5. Конструктивні схеми валків

Вибір типу валкового робочого ґрунтується на існуючих додаткових вимогах, що технологічно зв'язані із реологією середовища. Тому обґрунтування вимог щодо однорідності середовища у процесі деформації,

полягає у забезпеченні технологічних й економічних ефектів модернізованої машини. Неякісні проведені процеси призводять до поступового накопичення тіста у робочій камері, що зменшує ефективність машини у продуктивності. Поряд з цим і є зайвою вимогою до посилення вимог щодо однорідності середовища. Це сприяє з необґрунтованою витратою енергії. Якщо різниця концентрації у верхньому шарі і нижньому від 10% до 5%, може призвести до 8 кратного збільшення потужності приводу [3,4].

Існуюча схема дії валків на тісто відбувається згідно надходження маси замішаного тіста. В таких умовах робочу камеру уявно ділять на декілька зон. Дані зони відрізняються фізико-механічними властивостями тіста та характером взаємодії робочого органу. Якість продукції значно залежить від розробки або модернізації машин і апаратів. Однозначно, впровадження методів техніко-економічних аналізів, забезпечить вирішення економічної ефективності технологічної й конструкторської розробки.

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 виробничості 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.

В ділильно-закаточній машині спрямовано зусилля на проведення зміни поверхні валка. При забезпеченні мети вирішкуються такі задачі:

- проведення аналізу поведінки середовища при дії валків;
- проведення аналізу конструктивних особливостей валків;
- розробити нову поверхню валків для підвищення надійності роботи формувального вузла із покращенням нагнітання та транспортування тіста;

- повести конструктивні розрахунки модернізованих валків та продуктивності машини;
- розробити 3Д модель валків та встановити параметри процесу.

В наслідок чого:

- підвищення надійності роботи;
- покращення якості структури бублика;
- зменшення вартості продукції;
- покращення умови праці персоналу;
- зменшення питомих затрати на ремонт.

1.4. Задачі дослідження

Виконаний аналіз особливої взаємодії потоку тіста з робочими органами машини дозволяє сформулювати такі задачі дослідження.

1. Проаналізувати тенденцію розвитку завершальної стадії формування харчових напівфабрикатів.

2. Розглянути формалізація впливу значень моментів інерції валків на динаміку і час деформації тіста при дії валків. Обґрунтувати можливі напрямки створення нових поверхонь валків.

3. Сформулювати оцінку у перспективі зменшення кінетичної енергії із обмеженням нерівномірної дії приводу вузла машини.

4. Розробка методів теоретично-експериментальних досліджень транспортування тіста в зазорі валків.

5. Розробити пропозиції щодо зміни форми поверхні валків для створення технічно-можливих факторів зменшення тертя протягування тіста та оцінка їх характеристик.

8. Розробити математичні формалізації геометрії валків і деформацій тіста в системі нагнітального вузла машини **Б-4-58-D**.

РОЗДІЛ 2

Постановка задачі щодо розробки проектно-технологічних і конструктивних рішень модернізації вузла формувальної

машини

2.1. Структура теоретичних і експериментальних досліджень

Проведено узагальнення інформації щодо аналітичних і експериментальних досліджень, їх результати містяться у наступному переліку. Однак, для надання більш конкретної інформації про цей перелік, потрібно зазначити самі дослідження та їх результати, які у ньому згадуються. Система для стискання і переміщення маси тіста є важливою складовою формувальної машини. Обмежена допустима деформація тіста вимагає розробки і створення специфічних умов формування. Тому напрямки у модернізації робочих органів при дії сил тертя мають бути у ролі рушійної сили так і опору. У зв'язку з цим оптимізація процесу нагнітання тіста має стосуватися явищ і особливостей реології, законів тертя у бік збільшення, або в бік зменшення. Отже, результуюча сила, яка виникає при взаємодії поверхонь тіл і визначає ступінь контакту та роздавлення між ними. Ця сила виникає при ковзанні або кочуванні об'єкта по поверхні і залежить від коефіцієнта тертя та нормальної реакції. Вона спрямована проти напрямку руху та залежить від прикладеної сили і допомагає описувати рух тіла як цілісного об'єкта. Ці поняття та визначення є важливими у різних галузях механіки та фізики, і вони допомагають вченим та інженерам аналізувати та передбачати різні фізичні явища та поведінку об'єктів.

Моделювання відгуків системи на зовнішні впливи на основі фізичних законів, таких як закони Ньютона та закони Ампера-Кулона, є важливим підходом у фізиці та інженерії. Цей підхід дозволяє дослідникам аналізувати та передбачати поведінку системи в різних умовах процесу:

рух тіста та взаємодію сил, що діють на ці нього. Включаючи закони руху, закони взаємодії та закон збереження і дозволяють моделювати рух тіл у відповідь на різні сили.

Для моделювання систем на основі фізичних законів використовуються математичні формули та рівняння, які виражають відношення між фізичними величинами. Це може включати диференціальні рівняння для опису зміни в часі. Цей підхід дозволяє виконувати дослідження та аналіз великої кількості складних систем, від механічних систем до електродинамічних та багатьох

інших. Моделювання є потужним інструментом для прогнозування та оптимізації поведінки фізичних систем під впливом різних факторів.

2.1.1. Експериментальні дослідження

Дослідження процесу нагнітання і розкатування тіста виконувалось на формувальній машині Б-54 кондитерської фабрики (Тернопіль) та фізичних моделях, створених на кафедрі ОХТ (ТНТУ ім. Івана Пулюя).

Будь яку зі структурних схем існуючих та розроблених за участю валкових робочих органів можна математично описати за наявності рівнянь, що зв'язуються у часі безперервними функціями. До них відносяться геометричні розміри обладнання та характеристики робочих валків, а також властивості і фізико-механічний стан в'язкого середовища, що залежить від умов розкачування.

Визначені в результаті експерименту залежності описуються частковими алгебраїчними функціями. Для узагальнення часткових залежностей використано багатофакторну функцію Протодіяконова, застосування якої для обробки результатів досліджень дозволяє отримати адекватні результати.

Характеристики тіста з незруйнованою структурою досліджували приладом РВ-8. Досліди проводились при невеликих зусиллях зсуву, величина яких менша за граничне напруження зсуву, фіксуючи через кожні 10–20 секунд величини деформацій, які визначають по відхиленню стрілки. Знаючи геометричні характеристики приладу і дані вимірювання, розраховано напруження зсуву τ' :

$$\tau' = \tau - \tau_k = \frac{(m - m_0)gR_{шк}}{2\pi R_g^2 h_{np}}$$

де m – маса вантажу, який обертає ротор. Складається з маси двох гирьок і маси чашок, кг (за виключенням величини, що компенсує тертя в підшипниках); m_0 – маса вантажу, при якій ротор починає обертатися. Відповідно визначали пластичну в'язкість за формулою: $\mu_{ni} = (\tau - \tau^1) / \gamma$

Матеріали та методи дослідження. Тісто, вологістю 33%, для бубликів із пшеничного борошна вищого сорту на пресованих дріжджах, готувалося безопарним способом з тривалістю бродіння 60 хвилин при температурі 32 – 33

°С. Якість пресованих дріжджів відповідає ДСТУ. Характеристики борошна пшеничного: масова частка вологи, % – 14,5;

- вміст сирої клейковини, % – 28;
- опір клейковини стисненню на приладі ІДК-1, од.прил. – 54;
- розтяжність клейковини, см – 14.

2.1.2. Проектно - технологічні розрахунки

У даному проекті модернізації підлягає 2-х валковий нагнітач тіста, універсальної машини Б-4-58-Д для формування бубликів із пластичної маси. Дані валки є однакових діаметрів із зальним приводом та компенсації прогину. Машина входить до технологічної лінії виробництва бубликів і проводить остаточну обробку середовища та формує з пластичної маси виріб.

В основі модернізації валка для перероблення тіста лежить зміна пазів поверхні валка по його довжині без зміни діаметра. Тому такий підхід передбачає проведення реконструкцію лінії по виробництву бубликів. Вибір і обґрунтування технологічної схеми полягає врахування модернізації робочого валка машини Б-4-58-Д.

Для виробництва бубликів необхідно провести наступні технологічні операції:

1. Підготовка сировини:

- Просіювання борошна: Борошно може бути просіяне, щоб видалити комки і надати йому більшу легкість.
- Підготовка закваски: Закваска є важливою складовою бубликів і потребує попередньої підготовки.
- Вимірювання і підготовка інших інгредієнтів: Сіль, цукор, сироватка, молоко, яйця, хімічні добавки тощо.

2. Приготування густої опари:

- Густа опара може бути приготовлена, зазвичай, з борошна і води. Ця опара створюється для покращення текстури та аромату бубликів.

3. Приготування тіста (заміс):

- Тісто готують шляхом замісу густої опари з іншими інгредієнтами, такими як борошно, яйця, цукор, сіль та інші. Цей процес може вимагати додаткового води або молока для досягнення правильної консистенції тіста.
4. Бродіння:
- Тісто залишають протягом певного часу для бродіння, щоб дозволити гідратації тіста та розвитку смакових якостей.
5. Формування тіста на заготовки:
- Тісто розділяють на окремі частини та формують бублики за допомогою рук або виробничого обладнання.
6. Випікання:
- Бублики пекуться в печі до золотисто-коричневого кольору та готовності всередині.
7. Охолодження і зберігання:
- Після випікання бублики можуть бути охолоджені перед упаковкою та зберіганням.

Проектно-технічна реконструкція машини для закачування і формування заготовок із тіста (у вашому випадку машини Б-4-58-D) може допомогти збільшити продуктивність та покращити якість виробництва бубликів. Ось декілька можливих кроків, які можуть бути включені до такої реконструкції:

1. Автоматизація процесу: Машину можна модернізувати для автоматичного завантаження сировини і відстеження процесу виготовлення бубликів. Це може покращити продуктивність і знизити витрати на робочу силу.
2. Покращення точності формування: Модернізована машина може бути обладнана більш точними системами формування, що дозволить отримати однакові розміри та вагу кожного бублика.
3. Зменшення витрат сировини: За допомогою нових технологій та контролю можна підвищити ефективність використання сировини, зменшити втрати та знизити витрати.

4. Підвищення безпеки: Реконструкція може включати в себе вдосконалення систем безпеки для працівників, що працюють з машиною.
5. Ефективніша енергозберігаюча технологія: Модернізована машина може бути менш енергоспоживчою і екологічно більш дружньою.
6. Впровадження механізмів для зменшення зупинок машини: Можливість швидко видаляти несправності і запобігати зупинкам під час виробництва.
7. Додаткові можливості адаптації: Розробка модульної конструкції для машини, яка дозволить легко впроваджувати зміни у виробництві бубликів під різні рецепти та обсяги.

Реконструкція машини Б-4-58-D може бути спрямована на вдосконалення всіх або деяких з перерахованих аспектів. Важливо звернути увагу на конкретні потреби та цілі виробництва. Це дозволяє покращити якість, удосконалити процес формування та зовнішній вигляд бубликів. Основні фінансові показники подано в таблиці 1.

Таблиця 1.— Основні річні проектно-економічні показники

Назва	Одиниці Вимірювання	2021	2022
Бубликові вироби всього			
Подільський	тис. т	8,40	9,60
Малютка	- // -	2,21	2,14
човник	- // -	2,89	2,94
	- // -	1,86	2,60
		0,44	0,8

Лінія виробництва бубликової продукції працює у дві зміни. Річний випуск виробництва бубликів можливо визначити за формулою [2]:

$$П = M_m \cdot \Phi_{\text{д.о}},$$

Де: M_m - потужність підприємства, т/год

$\Phi_{\text{д.о}}$ - дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год

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

Модернізація машини Б4-58 дозволяє зменшити її тривалість роботи, збільшити продуктивність приблизно на 25%. Цьому парадую інтенсивність формування, що дає можливі потужні зміни лінії в цілому. Також змінений річний фонд часу роботи працівників прийнято із урахуванням продуктивності.

Фд.р.=1820 год.табл.4,2,ст.51 [17].

Тому річний фонд робочого часу обладнання за роботи 2 режимному буде: Фд.о.=4060 год. табл.4,2,ст.51[17].

2.2. Аналіз функціональних ознак валків

В основу конструктивних ознак валкових машин для обробки полімерних неньютонівських середовищ входить діаметр циліндра, а також центральний каналом в його порожнині. Циліндр по довжині виконано частково із змінним діаметром: максимальний по торцях та мінімальний в центрі валка.

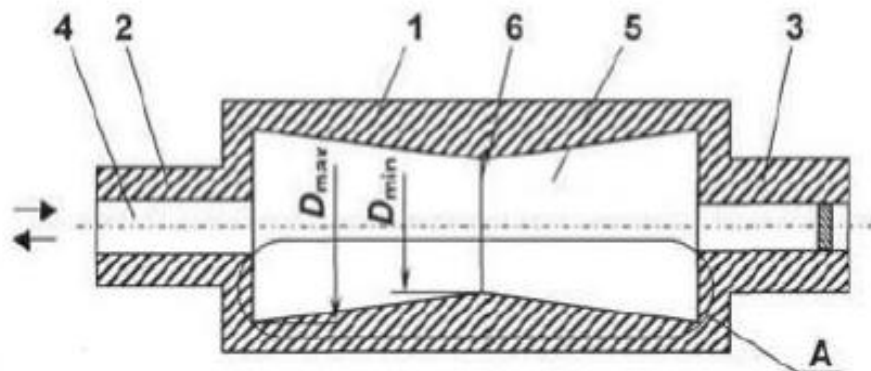


Рис.2.1 – Поздовжній розріз валка: 1 – Корпус циліндра, 2,3 – цапфи, 4 – центральний канал, 5 – порожнина, 6 – менша основа

Валок машини по обробленню полімерного матеріалу має порожнисту частину 1, цапфи 2 і 3 для монтажу валу. Центральний канал 4 є циркуляцією теплоносія в порожнині циліндра 1 по довжині із змінним діаметром. Максимальний по боках D_{max} та мінімальний в центрі D_{min} . Поверхня валка може бути виконано у вигляді пазів зрізаного конуса.

В основі валка (рис.2.2.) у валковій машині для розкачування середовища при виробництві здобного печива та крекери також є в циліндрична порожнина та цапфи. Наявність порожнини у вигляді каналу служить для циркуляції

повітряного теплоносія. Рівномірно по діаметру розташовано по довжині циліндра герметичні пази. Кінцеві ділянки кожного периферійного пазу є ізольовані.

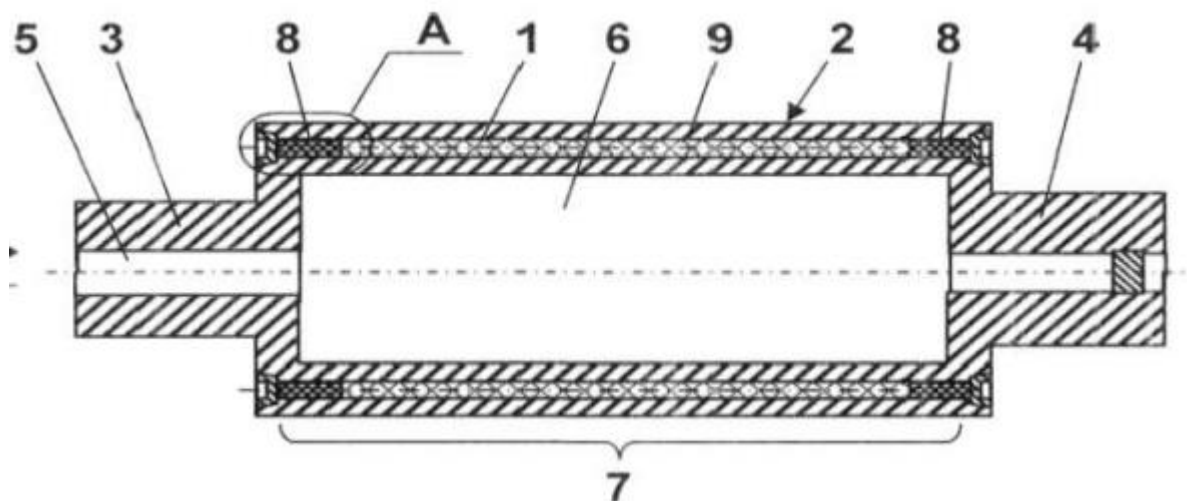


Рис.2.2 – Поздовжній розріз валка: 1 – циліндр, 2 – робоча поверхня з нанесеними пазами, 3,4 – цапфи, 5 – центральний канал для валу, 6 – порожнина, 7 – пази каналу, 8 – кінцеві ділянки, 9 – середня ділянка

Валок машин має циліндричний корпус 1 з робочою поверхнею 2. По боках циліндра розміщено цапфи 3 і 4 та каналом 5 для циркуляції теплоносія 6 циліндра бочки 1. Також є рівномірні по поверхні циліндра колу периферійні пази валка 7. Кінцева дільниця 8 кожного з пазів каналу 7 виконані із певним кроком для забезпечення температурних режимів. Таке виконання кінцевої дільниці 8 для периферійних пазів каналу 7 дає можливість забезпечити потрібний температурний режим (рис.2.3.). А це більш рівномірно розподілене температурне поле поверхні валка. Цьому сприяє поліпшеній властивості дії валка на середовище з продуктивною машиною.

Для підвищення продуктивності валкової машини та її обслуговування в основу поставленої задачі для її вирішення змінено положення валків. Привід валка встановлено в корпусах підшипникових вузлів закріплених на станині машини. Новизною в корпусах підшипниках вузла кріплення валків встановлені кілька ексцентричних втулок. Вони оснащені механізмами повороту. Також одні втулки встановлено між цапфою і внутрішнім кільцем підшипників, а інші - між корпусами підшипників і їх зовнішніми кільцями.

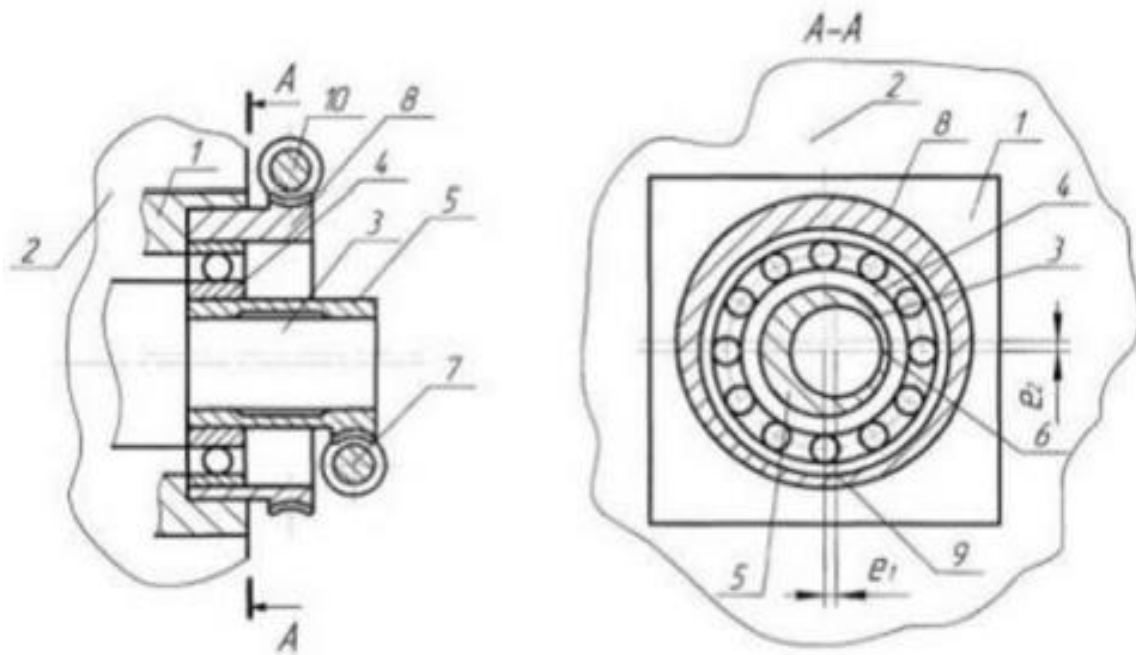


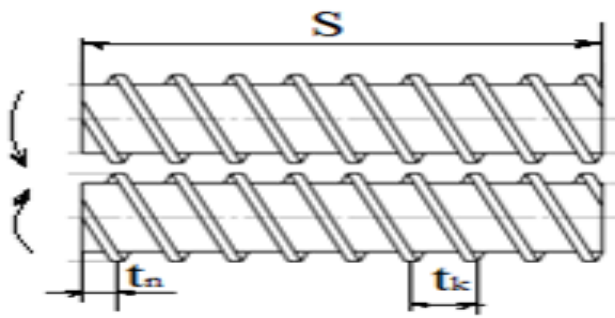
Рисунок 2.3 – Механізми для перехрещення валків: 1 – корпус для підшипників; 2 – корпус станини; 3 – цапфа; 4 – кільця внутрішні; 5,8 – втулки ексцентричні; 6 – втулка; 7,10 – поворотний механізм із фіксацією; 9 – допоміжна втулка.

2.3. Модернізація валка для обробки полімерного середовища

Описана дія валків у формувальній машині є типовою для процесу розкатування тіста і формування тонкого листа тіста. Цей процес використовується в хлібопекарній та кондитерській промисловості для виробництва різних продуктів, таких як хліб, булки, булочки, пироги, лаваш та інші вироби з тіста.

Основні етапи процесу включають:

1. Затягування: Тісто подається між двома обертовими валками, які розташовані один навпроти одного. Затягування тіста відбувається через подачу тіста в цей зазор між валками.
2. Транспортування: Під час роботи валки пересувають тісто в міжвалковому зазорі. Це допомагає подолати опір та дозволяє тісту рівномірно розтягнутися.
3. Продавлювання: Тісто стискається між валками під великим тиском, що призводить до подальшого розкатування та зменшення товщини тіста. В результаті цього процесу утворюється тонкий лист тіста.



Найбільш близькою щодо технічної сутності, згідно запропонованого технічного рішення, є поверхня валків розглянута в патентах [6] рис.2.4. У запропонованих валкових виконано зміну поверхні валків. Робоча

поверхня має розташовані пази вздовж циліндра робочої поверхні з периферійними каналами. Є валки, що виконані у вигляді бочки патент.

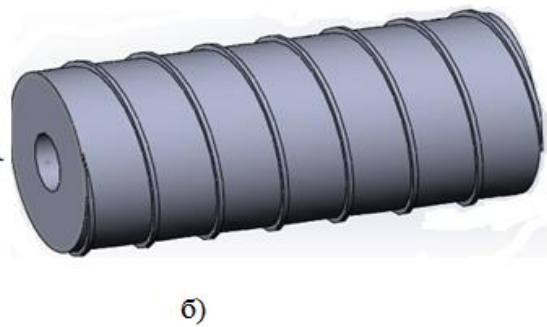
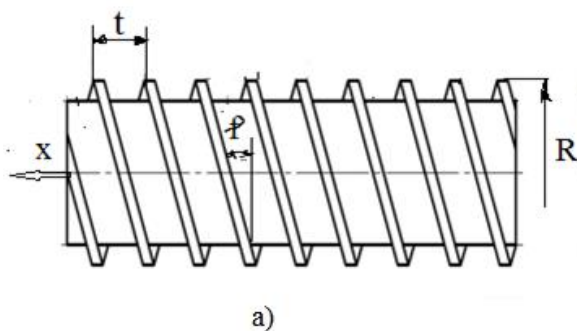


Рис. 2.4. Валки з пазами у вигляді гвинтових ліній.

До недоліків валків можна віднести:

- часткове нагрівання поверхні валка із-за тертя;
- прискорене зношення;
- якість впливу на тісто.

Для модернізації вузла нагнітання валкової машини нами обрано патент UA 3939 U див.рис.2.5., де валок забезпечений додатковою зоною теплообміну, яка утворюється зовнішніми своєрідними пазами.

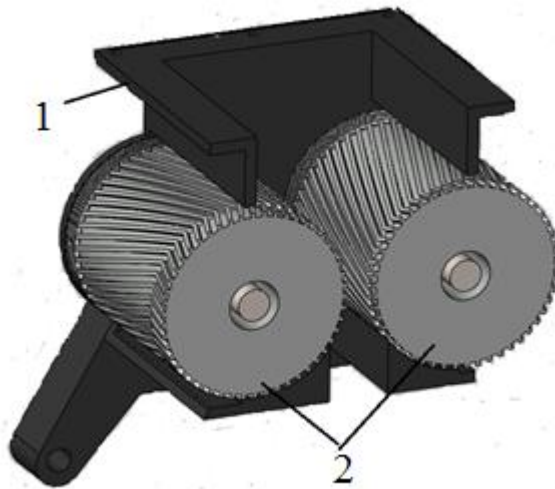


Рис. 2.5. Нагнітальні валки формувальної машини: 1 – робоча камера; 2 – обертові валки з гвинтовими пазами (патент № 111503 UA)

Результат запропонованого конструктивного рішення полягає у виконанні пропонованої конструкції валка за патентом № 111503 UA. Можливість досягнути значного зменшення енерговитрат процесу, а також за рахунок конструкції поверхні забезпечить високий рівень нагнітання та коефіцієнт теплообміну. Валок не буде нагріватися. Підвищується експлуатаційна характеристика машини.

2.3.1. Обґрунтування параметрів у вузлі нагнітання

Забезпечення оптимальних умов для приготування високоякісної продукції включає в себе кілька важливих аспектів, включаючи інтенсивність, тривалість, температуру та частоту обертання нагнітальних та живильних валків при раціональному нагнітанні тіста в робочу камеру. Ось деякі рекомендації щодо кожного з цих аспектів:

1. Інтенсивність та тривалість:

- Інтенсивність та тривалість нагнітання тіста в робочій камері залежать від конкретного рецепту та типу продукції. Деякі продукти можуть вимагати інтенсивного змішування, тоді як інші можуть потребувати більш обережного оброблення.
- Температура: Температура грає важливу роль у процесі приготування тіста. Деякі рецепти можуть вимагати підтримки певної температури протягом всього процесу.

2. Частота обертання валків: частота обертання нагнітальних та живильних валків впливає на рівень змішування тіста та рівномірність розподілу інгредієнтів.

- Плавне нагнітання тіста: плавне нагнітання тіста в робочу камеру може допомогти запобігти перетравленню тіста та забезпечити рівномірне розподілення інгредієнтів.

Збалансований підхід до цих аспектів, разом із дотриманням рецептури та вимог якості продукції, допоможе досягнути високоякісних результатів при виробництві хлібобулочних виробів та інших продуктів. Так, розробка та вдосконалення тістодільних машин — це важливий аспект у хлібопекарній та кондитерській промисловості. Це дозволяє підвищити продуктивність, поліпшити якість продукції та забезпечити раціональне використання сировини. Науковці та інженери працюють над розробкою нових технологій, які дозволяють забезпечити оптимальні умови для обробки тіста в тістодільних машинах, включаючи керування температурою, часом обробки, інтенсивністю, та іншими параметрами.

При роботі тістодільних машин із підвищеним тиском дійсно може виникати низка проблем, які можуть вплинути на якість тіста та споживану електроенергію. Для зменшення негативного впливу підвищеного тиску на якість тіста та витрат електроенергії можуть бути вжиті наступні заходи:

- Ретельне налаштування параметрів машини, включаючи тиск та час обробки, щоб досягнути оптимальних умов для тіста.
- Використання систем контролю та автоматизації для постійного моніторингу і регулювання параметрів процесу.
- Використання технологічних рішень, які дозволяють знизити термічний вплив підвищеного тиску на тісто.
- Ретельний контроль та налагодження процесу виробництва для забезпечення сталої якості продукції.

Збалансований підхід до цих аспектів допоможе знизити негативний вплив високого тиску на якість тіста та витрати електроенергії. При меншому тиску знижуються витрати енергії, майже вдвічі зменшуються максимальні

навантаження на всі рухомі елементи машини, підвищується довговічність і безвідмовність роботи. Процес розділення тіста на шматки може базуватися на додержанні певного стискання перед подачею в зону течії, і це допомагає створити однорідні та однакові шматки тіста. Цей процес є важливим для виробництва хлібобулочних виробів та інших продуктів із тіста. Деякі ключові аспекти цього процесу включають: точно регулювати ступінь стискання, щоб досягти бажаного розміру та ваги шматків тіста. Це може вимагати налаштування обладнання та контролю параметрів процесу. Тому вирішальне значення належить механічному впливу, формам і інтенсивності у визначенні умов проведення технопроцесу і кінетики встановлення структур тіста. Кажучи, це розробки принципів нових методів, де деформації тіста витікають із основного уявлення фізико-хімічної механіки. Головне в системі – додержувати основні вимоги якісного тіста при заданих властивостях і мінімальній тривалості деформацій. Тому повинні реалізовуватися наведені конструктивні параметри впливу. Перевищення допуску руйнації тіста призводить до негативних впливів на консистенцію, викликає зміну реології – прилипання. Відносний вміст твердо-рідкої та газової фаз в тісті грає важливу роль у формуванні структурно-механічних властивостей тіста і кінцевого продукту. Цей параметр визначає, як тісто реагує на обробку, тепловий вплив та інші фактори виробництва, і впливає на якість та текстуру готового хлібобулочного виробу. Для досягнення бажаних структурно-механічних властивостей продукту важливо контролювати вміст твердо-рідкої та газової фаз під час всього процесу виробництва, включаючи змішування, квашення, обробку та випікання. Це дозволить досягти бажаної якості і текстури готового продукту. Так, збільшення кількості газоподібних продуктів і вологості тіста робить його структуру більш пористою, зменшує міцність і питому вагу.

В залежності від видів навантажень, може бути крутий і згинальний моменти, розтягуюче і стискуюче зусилля [4]. Схеми моделювання деформації на тісто представлена на рис.2.6.

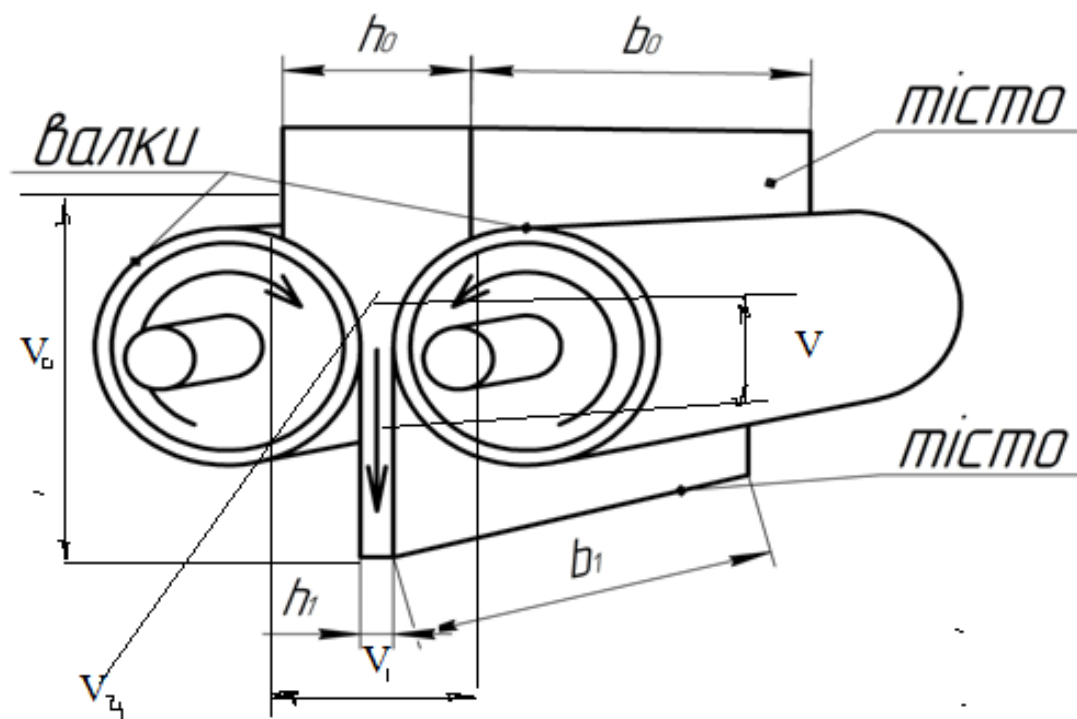
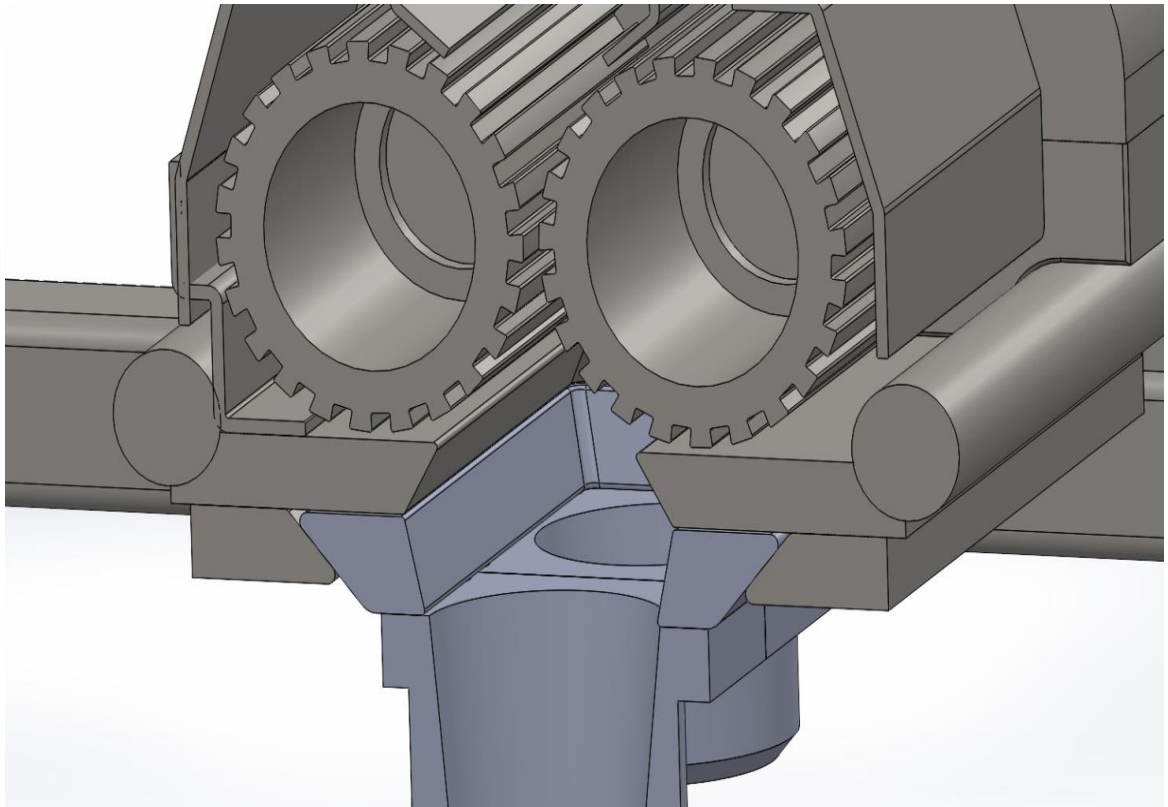


Рис. 2.6. Схема і 3Д модель процесу нагнітання тіста на машині Б4-58: V_0 - об'єм робочої камери; V_1 - об'єм камери стискання; V_3 – буферний об'єм; V_4 - об'єм мірної камери.

Так, конструкція профілюючого каналу робочої камери та поверхня нагнітальних та живильних валків грають вирішальну роль у процесі поділки

тіста і впливають на якість готових продуктів. Оптимальна конструкція цих елементів допомагає забезпечити рівномірну обробку тіста, однорідний розмір та текстуру шматків тіста та інші важливі параметри. Основні аспекти впливу цих елементів включають:

1. Форма та профіль каналу, яким проходить тісто, визначають форму та структуру шматків тіста. Це може включати розмір, товщину та текстуру кожного шматка тіста.
2. Поверхня нагнітальних та живильних валків.

Оптимізація конструкції цих елементів може покращити процес поділки тіста, допомогти знизити витрати сировини та покращити якість готових продуктів. Вона вимагає досліджень, тестувань та налаштування, а також врахування конкретних потреб та виробничих умов. Вплив кута входу маси при нагнітанні в робочому каналі із довжиною змінної площі стиснення дозволяє запропонувати раціональну форму поверхні валків. При цьому уникання застійної зони і рівномірної швидкості руху до відсікача.

2.4. Обґрунтування запропонованої модернізації

Під час вдосконалення конструкції валкового вузла, змін зазнають поверхні обертових робочих органів. Саме для зниження адгезії, кращого затягування й нагнітання та скорочення виробничих витрат, енергоємності валка із зменшення теплообміну між потоком тіста, спрямовано модернізацію. У такому валку для обробки вязкого матеріалу, передбачено виконання вздовж його поверхні нанесення гвинтових пазів. Гвинтові пази вздовж циліндричної робочої поверхні валка утворюють периферійні канали. Вони сполучають периферійні канали за рахунок вдосконаленої конструкції поверхні валка при допомозі заміни кута.

Запропоноване конструктивне технічне рішення досить відчутно розширяє технологічну можливість валка та якість одержуваного напівфабрикату та готової продукції. Це відбувається за рахунок більш простого й достатньо дешевого виконання валка із покращенням міцності і надійності конструкції. Також значну роль відіграє новий кут розташування на поверхні пазів каналів (рис.2.7).

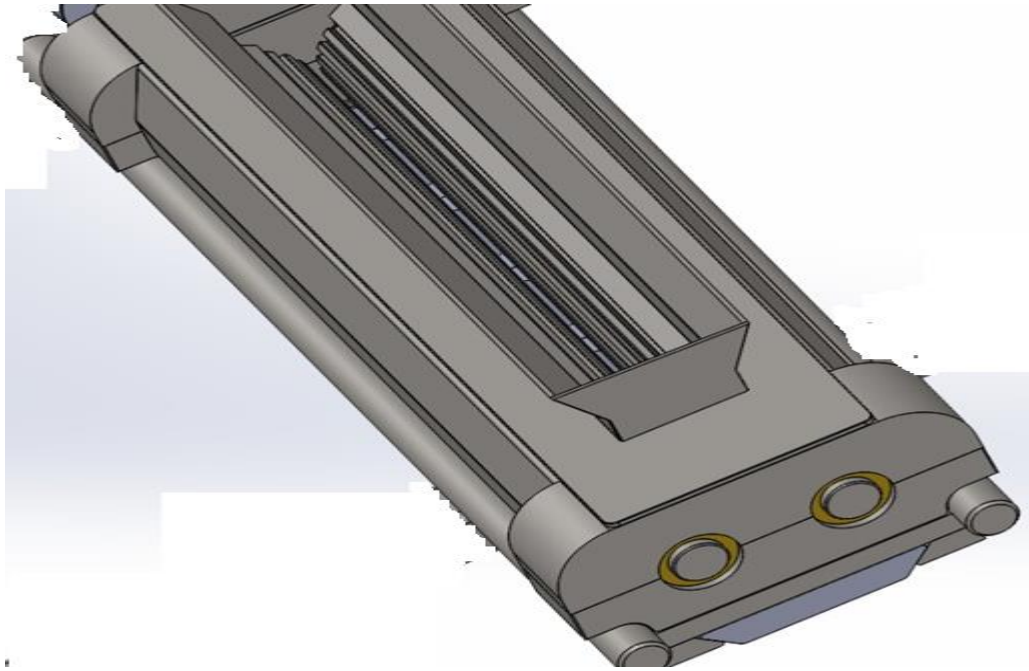
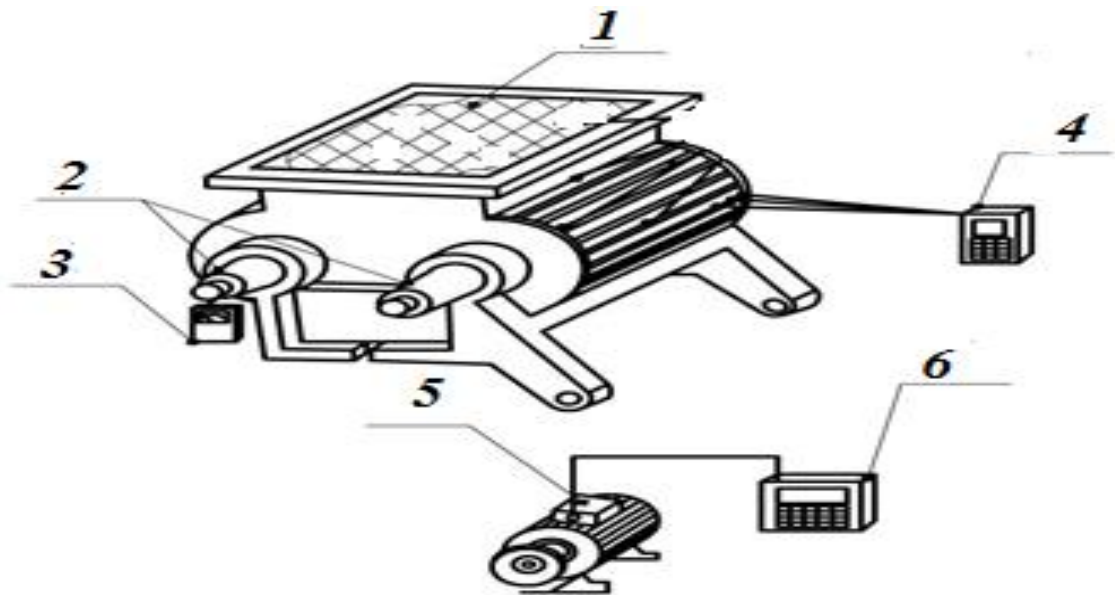


Рис. 2.7. 3Д модель вузла нагнітання

Розв'язок поставленої задачі в дослідженні вибрано формувальна машина Б4-58 із розглянутими робочим органом (рис.2.8). В процесі роботи використано в лабораторних умовах вимірювання тиску, температури, в'язкості матеріалу.



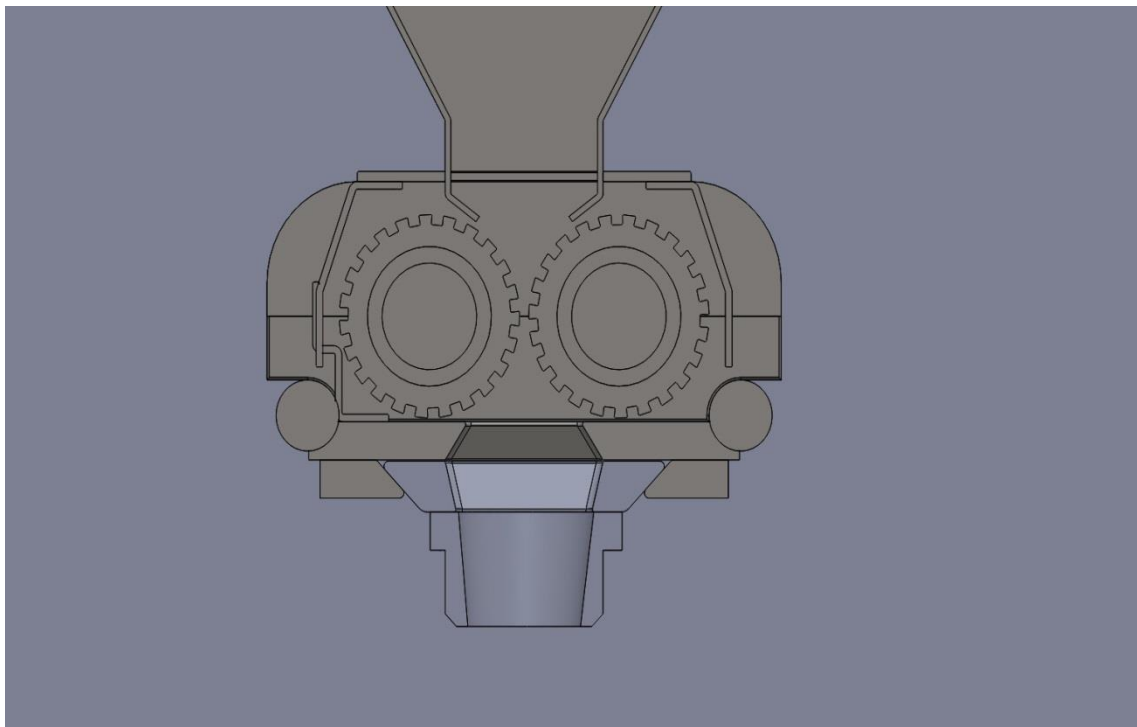


Рис. 2.8. Вузол нагнітання потоку середовища та визначення складових потужності: 1- середовище (тісто); 2 – валкові робочі органи; 3 – тахометр; 5- електродвигун; 6 – ватметр; 7- потенціометр

2.4.1. Аналіз структури формувальної машини

До складу структурної схеми машини входить (рис. 2.9): вузол приймання і подачі тіста, пульт управління, змінні формувальні головки із формувальними стаканами, скалка на привідному валу. Стрічковий транспортер одержує крутний момент від валу проміжного. Привід машини-це електродвигун 2.2 кВт, 1000об/хв, редуктор.

Тісто із бункера подається валками які одержують крутний момент від храпового механізму та відкритого редуктора у вигляді циліндричних шестерень.

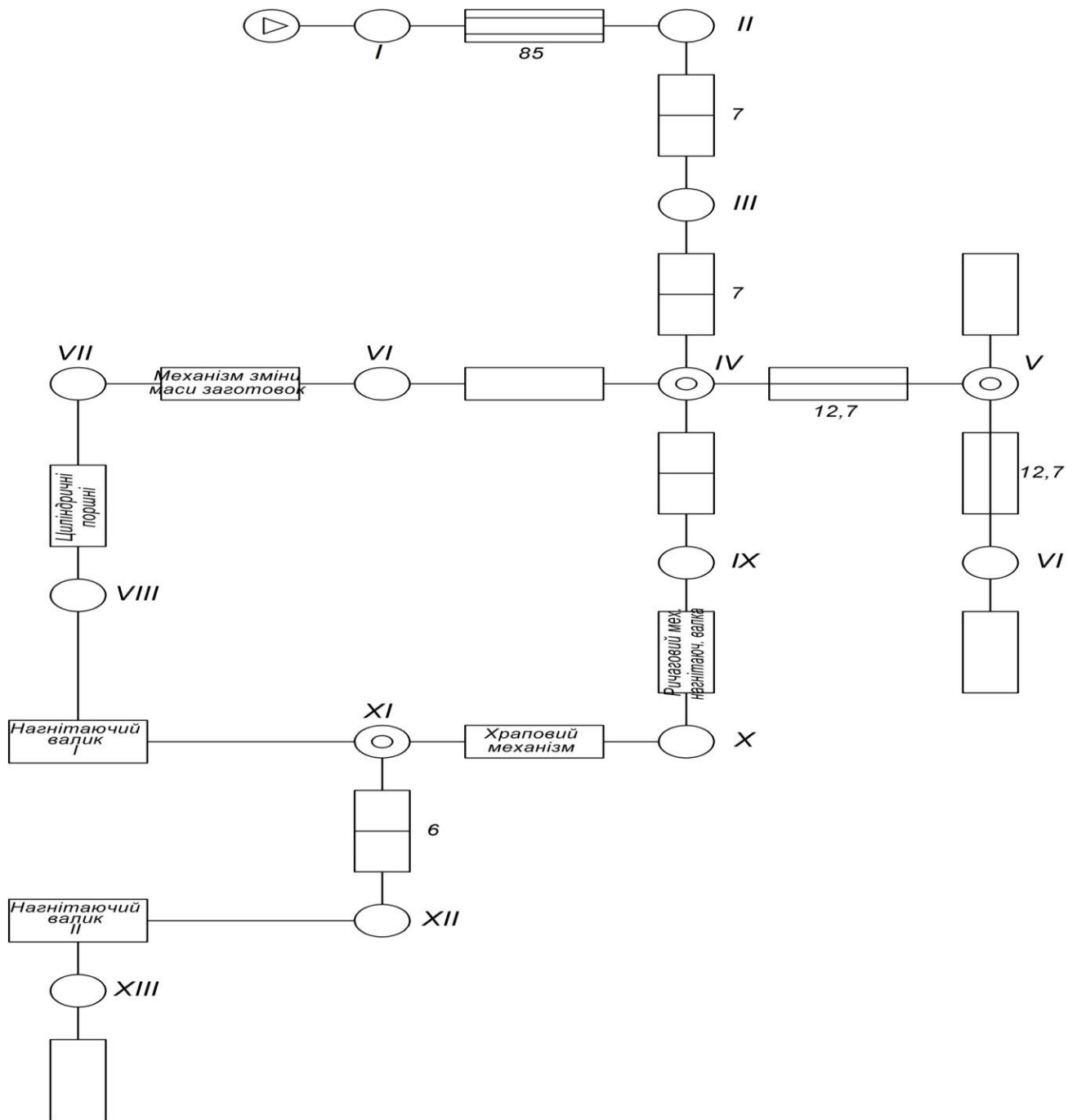


Рис. 2.9. Структура машини Б4-58

2.4.2. Розрахунок приводу

Потужність на вихідному валу редуктора $N_2 = 0,36$ кВт, частота обертання $n_2 = 68,5$ об/хв, передаточне число $U_{23} = 6$.

Коефіцієнт експлуатації передачі:

$$K_e = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

де $K_1 = 1,3$ - навантаження з незначним поштовхом;

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

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

$K_5 = 0,8$ - змащення у ванні;

$K_6 = 1,5$ - робота у дві зміни.

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

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

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

приймаємо число зубів ведучої зірочки $z_2 = 20$.

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

Розрахунковий крок ланцюга

$$t = 183\sqrt[3]{\frac{N_2 \cdot K_e \cdot 10}{S_t \cdot [p] \cdot z_2 \cdot n_2 \cdot K_m}}$$

де N_2 - потужність на вихідному валу редуктора, кВт;

K_e - коефіцієнт експлуатації передачі;

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

z_2 - число зубів ведучої зірочки;

n_2 - частота обертання, об/хв.;

$$t = 183\sqrt[3]{\frac{0,36 \cdot 1,54 \cdot 10}{0,28 \cdot 35 \cdot 20 \cdot 68,5 \cdot 1}}$$

Приймаємо ланцюг ПР-12,7-1820-1 ГОСТ 13568-75 [6], у якого

$t = 12,7$ мм, $Q_{розр} = 18200$ Н, $S_{он} = 39,6$ мм², маса 1 погонного метра ланцюга

$q = 0,65$ кг.

Колова швидкість ланцюга:

$$v = \frac{z_2 \cdot n_2 \cdot t}{60 \cdot 1000}$$

де z_2 - число зубів ведучої зірочки;

n_2 - частота обертання, об/хв.;

t - розрахунковий крок ланцюга, мм

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

Колове зусилля:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N_2}{v},$$

де N_2 - потужність на вихідному валу редуктора, кВт;

v - колова швидкість ланцюга, м/с;

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

Середній питомий тиск в шарнірах ланцюга:

$$p = \frac{F_t}{S_{on}},$$

де F_t - колове зусилля, Н

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

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

Термін служби ланцюга:

$$T = 5200 \frac{\Delta t \cdot K_c \cdot \sqrt{z_2} \sqrt[3]{a_t \cdot u}}{p^3 \sqrt{v} K_e},$$

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

K_c - коефіцієнт змащення;

z_2 - число зубів ведучої зірочки;

a_t - міжосьова відстань;

U - передаточне число;

p - середній шарнірах ланцюга питомий тиск у;

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

Коефіцієнт змащення:

$$K_c = \frac{K_{cn}}{\sqrt{v}},$$

де K_{cn} - коефіцієнт способу змащення

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

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

що більше очікуваного строку служби .

$$T_{oc} = 4000 \cdot K_{cn},$$

де K_{cn} - коефіцієнт врахування способу змащування.

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

Натяг веденої вітки від провисання від власної ваги:

$$F_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot a,$$

де K_f - коефіцієнт провисання,;

g - маса 1 погонного метра ланцюга, кг;

a - величина міжосьової відстані, м

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

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

Сумарний натяг ведучої та веденої віток будеб

$$F_{\Sigma b} = F_f + F_t K_1,$$

де F_f - коефіцієнт провисання;

F_t - колове зусилля, Н;

K_1 - коефіцієнт, що враховує характер, передаваемого навантаження;

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

Навантаження, що дії на вали:

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

де F_t - колове зусилля, Н;

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

Перевірка ланцюга по запасу міцності

$$n = \frac{Q_{розр}}{F_{\Sigma b}},$$

де $F_{\Sigma b}$ - сумарний натяг;

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

що більше допустимого $[n]=10,2$

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНКИ, ШО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА

Цей процес може бути складним і вимагати використання спеціалізованого програмного забезпечення для чисельного моделювання. Також важливо мати експертні знання в області матеріальної науки і інженерії, щоб правильно врахувати всі фізичні та технічні аспекти процесу.

3.1 Параметричні розрахунки

Параметричні розрахунки - це розрахунки, які виконуються з урахуванням зміни параметрів чи вхідних даних для вивчення впливу цих параметрів на результати дослідження, моделювання або аналізу. Цей підхід дозволяє визначити оптимальні параметри чи умови для досягнення бажаних результатів або розглянути різні варіанти ситуацій.

Для виконання параметричних розрахунків для течії тіста в міжвалковому зазорі або для будь-якого іншого процесу, який включає математичне моделювання, можна виконати наступні кроки:

1. Визначення параметрів: Це можуть бути фізичні властивості матеріалу, граничні умови, початкові умови, температура, тиск, швидкість, геометричні параметри і т. д.
2. Створення дослідних планів.
3. Виконання розрахунків.
4. Аналіз результатів: аналіз отриманих результатів за зміною результатів при зміні констукції та встановлення які параметри впливають на бажаний результат і як.
5. Вибір оптимальних параметрів: На основі аналізу результатів оптимальні параметри, які дають найкращі результати.

Параметричні розрахунки допомагають визначити вплив різних факторів на процес і дозволяють оптимізувати параметри для досягнення бажаних цілей. Цей підхід корисний у багатьох галузях, включаючи інженерію, науку про матеріали, біологію, фізику, фінанси та багато інших.

Параметричні розрахунки можуть істотно розширити технологічні можливості валка та покращити якість одержуваної продукції в багатьох галузях промисловості, включаючи виробництво хліба, кондитерських виробів і інших продуктів, де застосовується процес обробки тіста. Ось деякі способи, які підкреслюють важливість параметричних розрахунків у цьому контексті:

1. Оптимізація рецептури: За допомогою параметричних розрахунків можна дослідити вплив різних інгредієнтів, їх кількості та послідовності додавання на якість тіста і кінцевого продукту. Це дозволяє підбирати оптимальну рецептуру для покращення смаку, текстури та тривалості зберігання продукту.
2. Вплив геометричних параметрів валка: Параметричні розрахунки дозволяють дослідити вплив геометричних параметрів валка, таких як діаметр, відстань між валками, кут нахилу та форма поверхні валка, на течію тіста і якість обробки. Це може допомогти в підборі оптимальних параметрів для досягнення бажаних результатів.
3. Вплив умов та обладнання: Розгляд параметричних розрахунків дозволяє вивчити вплив температури, тиску, швидкості обертання валків і інших умов на якість та видозмінення тіста. Це допомагає виробникам налаштувати обладнання та процес так, щоб отримувати продукцію з бажаними характеристиками.
4. Мінімізація витрат та відходів: Параметричні розрахунки можуть допомогти ефективно використовувати сировину та ресурси, зменшити відходи та покращити продуктивність процесу виробництва.
5. Покращення сталості продукції: Вивчення впливу параметрів на якість продукту дозволяє забезпечити сталість якості виробленої продукції та зменшити варіабельність у виробництві.

Усі ці аспекти сприяють покращенню технологічних можливостей валка і підвищенню якості одержуваної продукції, що в свою чергу може призвести до підвищення конкурентоспроможності виробників та задоволення потреб споживачів.

3.1.1. Аналіз структури формувальної машини

Структурна схема (рис. 3.1) представляє собою складну машину для обробки тіста. Основні компоненти цієї машини включають:

1. Механізм приймання і подачі тіста: Цей механізм відповідає за приймання змішаного тіста і подачу його до наступних етапів обробки.
2. Пульт управління: Пульт управління є інтерфейсом для оператора або автоматичної системи управління.
3. Три змінні формувальні головки: Ці головки використовуються для формування тіста в певні форми, які можуть бути необхідні для кінцевого продукту. Кожна з цих головок має свої власні параметри формування.
4. Формувальні стакани: Формувальні стакани використовуються для утримання тіста під час процесу формування. Вони можуть мати різну форму та розміри, в залежності від кінцевого продукту.
5. Скалки на окремих привідних валах: Скалки використовуються для розгортання тіста та подачі його до формувальних головок. Окремі привідні вали відповідають за рух скалок та забезпечують синхронізацію з роботою інших компонентів машини.

Описана нами система містить стрічковий транспортер, який приводиться в рух за допомогою електродвигуна та редуктора. Основні характеристики приводу машини такі:

1. Електродвигун має такі характеристики:
 - Потужність: 2.2 кВт (кіловат).
 - Швидкість обертання: 1000 об/хв (обертів в хвилину).
2. Редуктор має певне передаточне число, що визначає зменшення швидкості обертання на вихідному валу. Стрічковий транспортер використовується для переміщення виробів з одного місця в інше. Натяжний пристрій на стрічковому транспортері допомагає підтримувати оптимальну напругу та натяженість стрічки під час руху.

Загальна схема приводу машини: Електродвигун -> Редуктор -> Стрічковий транспортер. Електродвигун надає потужність, яку редуктор перетворює на відповідну швидкість обертання для приведення в рух

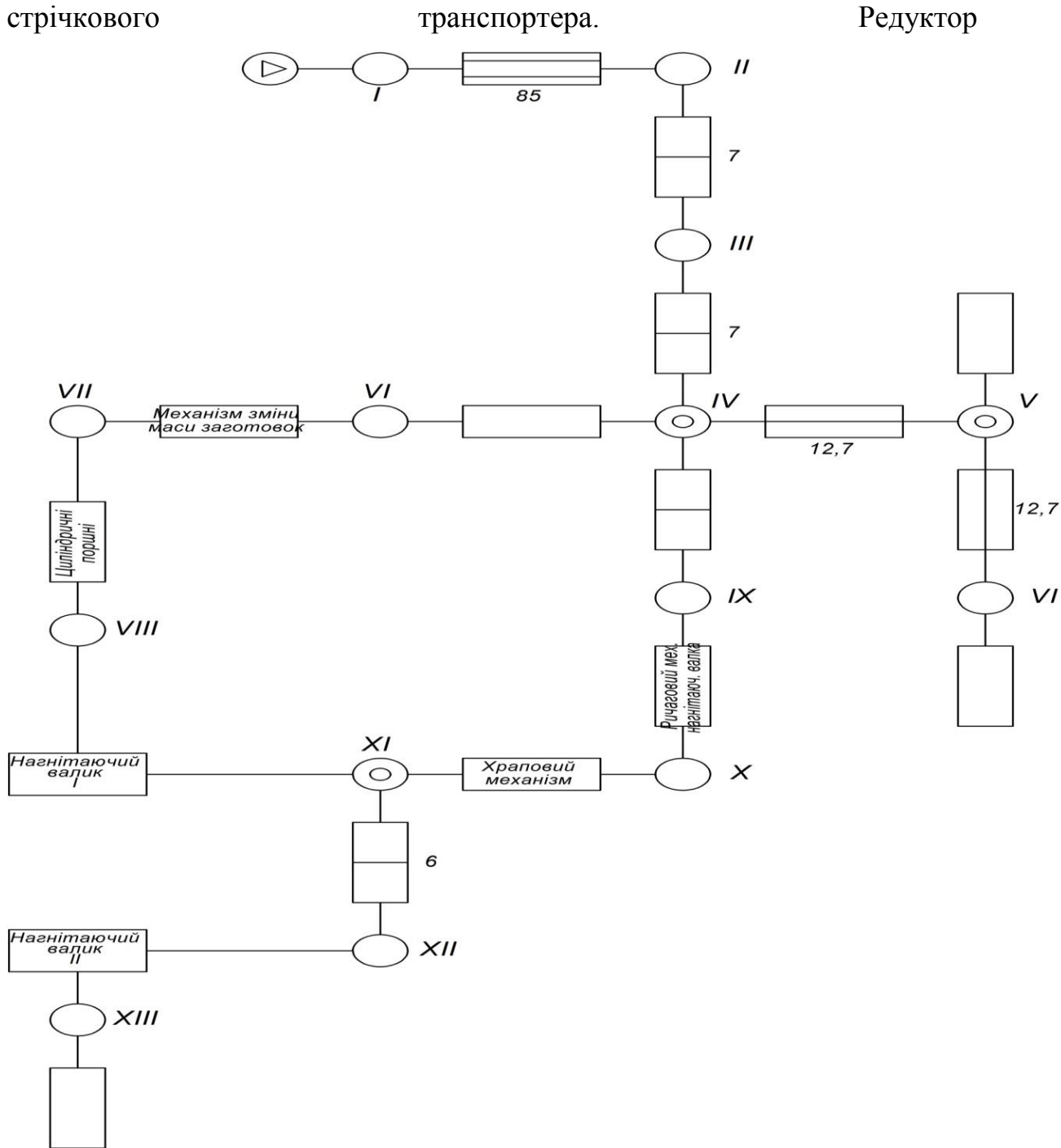


Рис. 3.1. Структура формувальної машини

важливий для забезпечення сумісності між швидкістю обертання електродвигуна і потребами роботи стрічкового транспортера.

Ця система призначена для автоматичної обробки тіста та його розгортання за допомогою валків, і може використовувати різні механізми, такі як храповий механізм та циліндричні шестерні, для досягнення потрібного крутного моменту та швидкості обробки.

3.1.2. Кінематичні розрахунки

На рисунку 3.2 подано схему загальної кінематики формувально-закатувальної машини Б4-58. Відповідно передавальне число у машини

$$U_{\text{зар}} = n_{\text{дв}} / n_{\text{г}} = 1435/14 = 102,5$$

а відповідно схеми число редуктора $U_{\text{р}} = 32,5$, що для зубчатої передачі

$$U_{\text{зз}} = 3,4;$$

Значення потужність на валах.

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

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

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

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

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

де $N_{\text{р}}$ - потужність на обертове значення ротора

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

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

Швидкісне обертання валу у нашому випадку буде:

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

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

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

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

Кутове обертання.

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

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

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

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

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

Момент кручення.

$$T = N / \omega; \text{ Нм}$$

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

$$T_2 = N_2 / \varpi_2 = 2090/150 = 13,9 \text{ Нм}$$

$$T_3 = N_3 / \varpi_3 = 2007/4,8 = 418,125 \text{ Нм}$$

$$T_4 = N_4 / \varpi_4 = 1615/1,5 = 1076,7 \text{ Нм}$$

$$T_5 = N_5 / \varpi_5 = 734/1,5 = 489,3 \text{ Нм}$$

Проводимо розрахунок обертову швидкість на валу стрічкового транспортеру. Продуктивність транспортеру визначимо виразом:

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

де v - руху стрічки, м/с

a - крок формованого бублика, 0,05 м

g - маса одного бублика, 0,04 кг.

тоді $v = Q_r * a / g * 60$; м/с

Продуктивність транспортера враховується із продуктивністю формувальних пристроїв

$$Q_r = 10,72 \text{ кг/хв}$$

$$V = 10,72 * 0,05 / 0,04 * 60 = 0,12 \text{ м/с}$$

Частота обертів привідного барабану

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

де, D - діаметр барабану, що становить 0,10 м.

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

Відповідно ланцюгової передачі передавальне число для приводу транспортера

$$U_{\text{лпг}} = n_3 / n_{\text{бр}} = 46 / 32,8 = 1,41$$

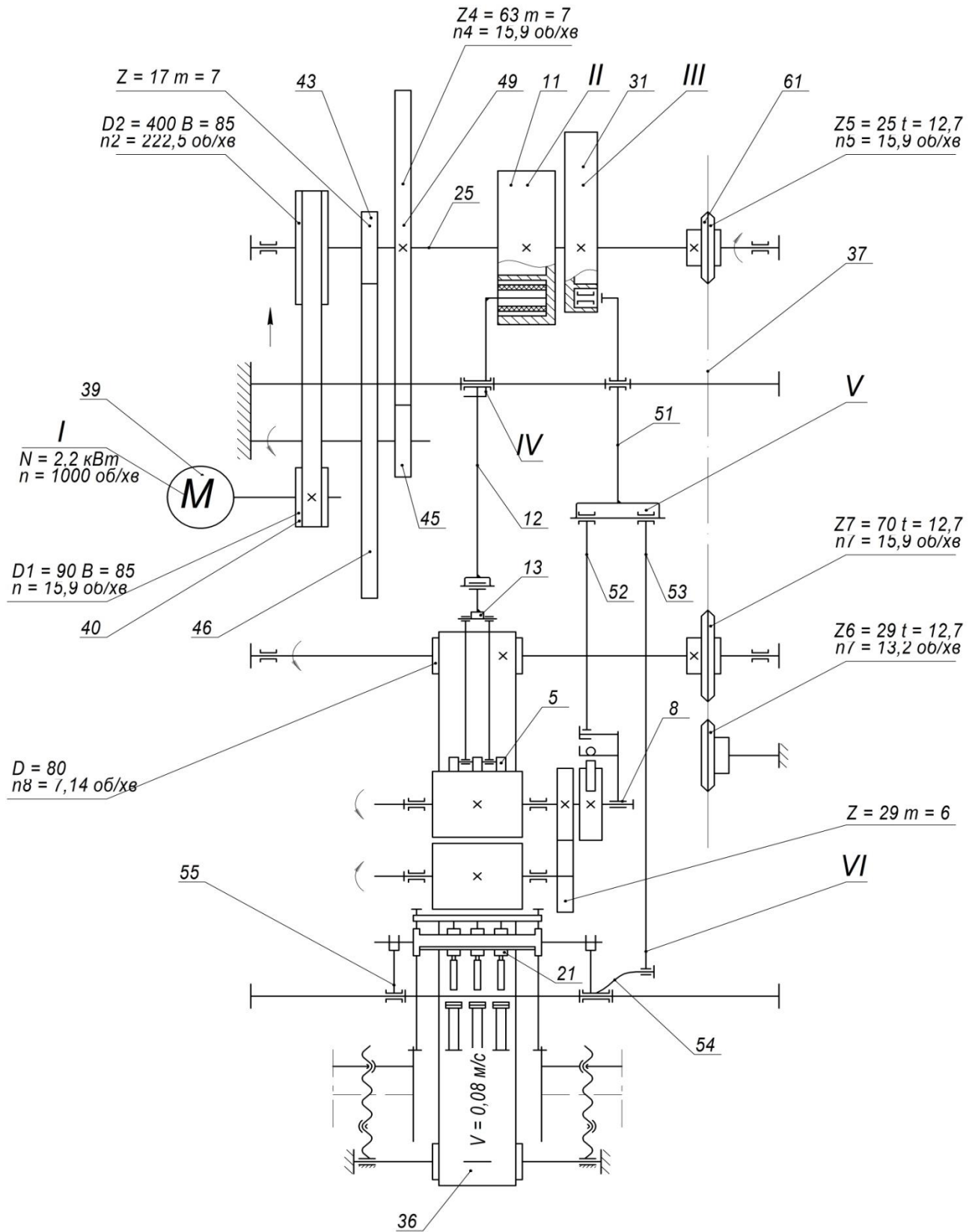


Рис. 3.2. Кінематична схема формувальної машини Б4-58.

Розрахунки зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1

Кінематичний розрахунок

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

3.1.3. Числове значення обертів нового валка

Визначаємо число обертів нового валка знаючи параметри: u - обертової швидкості валка, м/хв та відповідно D - діаметра валка, м. Знаходимо за допомогою виразу:

$$n_1 = \frac{u}{\pi D} = 19,9 \text{ об / хв.}$$

Відповідно число обертання ведомого валка із врахуванням F - фрікції міжвалкової:

$$n_2 = n_1 \cdot F = 21,6 \text{ об/хв.}$$

3.2. Визначення розпірних зусиль та сумарної технологічної потужності

Величина зазору визначається за формулою:

$$h''_k = \frac{t_{пл}}{\delta_1} \quad (1.1)$$

де $t_{пл} = 1,2-1,5$ мм – товщина шару тістиа;

$\delta_1 = 1,25$ – коефіцієнт.

$$h_k = 1,3/1,25 = 1,04$$

Початкове значення зазору:

$$h_k = \frac{(1+f)(1+f_2+f_2^2)}{f_1 \cdot f_2 (1+f_2)(1+f+f^2)} h''_k$$

де f - міжвалковий, $f = 2$;

f_1 - між валками і станиною, $f_1 = 0,5$;

f_2 - між валками і бункером завантаження, $f_2 = 1.5$.

$$h_k = \frac{(1+2)(1+2+2^2)}{0,5 \cdot 2(1+2)(1+2+2^2)} 0,983 = 0,983 \text{ мм.}$$

$$h_k = 0.75 \text{ мм}$$

визначаємо параметр Δ за виразом:

$$\Delta = 1 + \frac{2R}{h_k} (1 - \cos \alpha),$$

де α – кут затягування,

$$\cos \alpha = 1 - \frac{9,5}{R} h'_k,$$

$$\cos \alpha = 0.22^0$$

де $R = 80$ мм – радіус валка;

$h_k = 0,983$ мм – величина початкового зазору;

зусилля розпору в зазорі

$$P_1 = \frac{3k \alpha_{ef}^n \vartheta_1^n (1+f)RLBi}{8 \alpha_{ef} h_k},$$

де $k = 1,265$ – реологічна константа;

$n = 0,232$ – індекс течії;

$T = 0,781$ – коефіцієнт.

Розпірне зусилля

$$\alpha_{ef} = \frac{3(1+f)T}{2h_k \sqrt{\Delta-1}},$$

$$\alpha_{ef} = \frac{3(1+2)0,781}{2 \cdot 0,0983 \sqrt{32-1}} =$$

$v_1 = 35$ м/хв = $0,8$ м/с – швидкість обертання валка;

$f = 2$ – зазор;

$L = 580$ мм – робоча довжина валка.

$$P_1 = \frac{3 \cdot 1,265 \cdot 6,42^{0,232} \cdot 0,5^{0,232} \cdot (1+2)35,5 \cdot 180 \cdot 2,776}{8 \cdot 6,42 \cdot 0,0983}$$

$$P_1 = 214940 \text{ Н}$$

Зусилля в проміжку зазору валка і стінкою

$$P_2 = \frac{3 \text{Bik} (\alpha'_{ef})^{n-1} \cdot \mathcal{G}_1^n (1+f)(1+f_1+f_1^2)RL}{8h_\kappa f_1^{n+1} (1+f+f^2)},$$

де $\text{Bi} = 2,76$ – коефіцієнт;

$$\alpha'_{ef} = \frac{3(1+f_1)T'}{2h'_\kappa \sqrt{\Delta-1}},$$

$T' = 0,731$ – коефіцієнт;

Тоді:

$$\alpha'_{ef} = 2,332$$

$$P_2 = 48033 \text{ Н}$$

Розпірне зусилля в зазорі корпусу

$$P_3 = \frac{3 \text{Bik} (\alpha''_{ef})^{n-1} \cdot \mathcal{G}_1^n (1+f)(1+f_1+f_1^2)RL}{8h_\kappa f_1^{n+1} \cdot f_2^{n+1} (1+f+f^2)},$$

$T'' = 0,742$ – коефіцієнт;

$$\alpha''_{ef} = \frac{3(1+f_2)T''}{2h''_\kappa \sqrt{\Delta-1}},$$

$$\alpha''_{ef} = 3,654$$

$$P_3 = 462196 \text{ Н}$$

Крутний момент валка першого

$$M_1 = \frac{3C_2 k \cdot \alpha''_{ef_2} \mathcal{G}_1^n (1+f)R\sqrt{RL}}{\alpha_{ef_2} \sqrt{h_\kappa}},$$

де $C_2 = 0,353$ – коефіцієнт;

$$\alpha_{\text{ef}_2} = \frac{(1 + f_2)T_2}{h_{\kappa} \sqrt{\Delta - 1}},$$

$T_2 = 1,425$ – коефіцієнт;

$$M_1 = 10255 \text{ Нм}$$

Крутний момент валка другого

$$M_2 = \frac{3k g_1^n R \sqrt{RL}}{\sqrt{h_{\kappa}}} \left[C_1 \alpha_{\text{ef}_1}^{n-1} (1 + f) + \frac{C'_2 (\alpha'_{\text{ef}_2})^{n-1}}{f_1^{\frac{2n+1}{2}}} \times \sqrt{\frac{(1+f)(1+f_1)(1+f_1+f_1^2)}{1+f+f^2}} \right];$$

$C_1 = 0,225$ – коефіцієнт,

$C'_2 = 0,323$ – коефіцієнт,

$$\alpha'_{\text{ef}_2} = \frac{(1 + f_1)T'_2}{h'_{\kappa} \sqrt{\Delta - 1}},$$

де $T'_2 = 1,59$ – коефіцієнт,

$$\alpha'_{\text{ef}_2} = 3,2$$

$$M_2 = 19725 \text{ Нм}$$

Споживана потужність визначається:

$$N = \frac{M \cdot g}{6120 \cdot R},$$

на першому $N_1 = 14.12$ кВт

на другому $N_2 = 13.7$ кВт

Загальна технологічна потужність

$$N = N_1 + N_2 = \mathbf{27.72} \text{ кВт}$$

3.3 Розрахунок нової конструкції рихлів

На новій конструкції рихлів валка діють згинаючий й крутний момент. На рисунку 3. подано схему для проведення розрахунків.

Для встановлення їх надійності визначимо значення моментів. Так крутний момент визначимо виразом, який буде дорівнювати у нашому випадку 23564Н/м.

$$M_{кр} = 9550 \frac{N}{n},$$

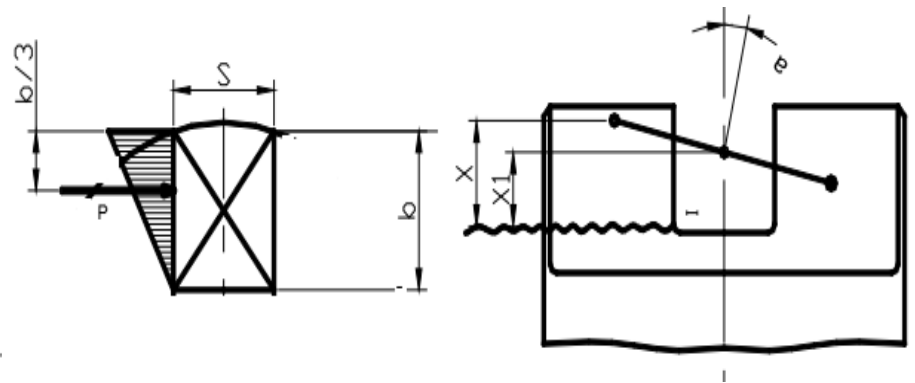


Рис.3.1 Дія сил на рихлі валка

Встановлюємо сили, які сприймає паз валка виразом:

$$P_{ш} = \frac{39792}{0,28} = 142113 \text{ Н.}$$

де $2R = 0,28$ мм – відстань між вісями рихлів.

$$P_{ш} = \frac{M_{кр}}{2R},$$

Згинальний момент у найбільш небезпечнім перерізі в рихлі валка із плечем згину $l = 0,13$ мм, визначимо:

$$M_{зг} = P_{ш} \cdot l, = 18475 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Відповідно напруження згинальне для цього перерізу із $W = 171 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ - відомим моментом опору згину буде визначено:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}}, \quad W_{зг} = \frac{bh^2}{6},$$

і яке становить 108 МПа.

$[\sigma]_{зг} = 130$ МПа – допускове згинальне напруження для рихлів валка – сталь 45.

$$[\sigma]_{зг1} < [\sigma]_{зг}.$$

Перебування в постійному обертовому стані валка, а відповідно змінюється нахил вісі рихлів. Це зумовлює момент згинання прикладеного в цій площині валу, де відомий кут нахилу $\gamma = 15^\circ$.

$$M_{зг} = M_{кр} \cdot \operatorname{tg} \gamma = 9553 \text{ Нм.}$$

згинальне напруження в перерізі рихлів валка із відомим W - моментом опору згину визначимо із урахуванням зовнішнього й внутрішнього діаметрів паза $D=160\text{мм}$, $d=148\text{мм}$.

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{II}}, \quad W_{II} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32 \cdot D},$$

$$W_{II} = 377 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3, \quad \sigma_{зг} = 25 \text{ МПа.}$$

напруження еквівалентне для валка з пазами при визначених кручення дорівнює:

$$\sigma_{екв} = \sqrt{\sigma_{зг}^2 + 3\tau^2};$$

$$\sigma_{екв} = \sqrt{25^2 + 3 \cdot 53^2} = 95 \text{ МПа.}$$

Отже: $[\sigma]_P = 105 \text{ МПа}$ є допустимим напруженням розтягу для пазів - сталь 45.

$$\sigma_{екв} < [\sigma]_P.$$

3.3.1. Розрахунок шпонки

На валу шестерні встановлено шпонку, розмірами:

$$h \ b \ l = 27 \ 25 \ 85$$

Умови міцностей з'єднань змінання

$$\sigma_{зм} = \frac{M_{кр}}{0,25 \cdot z \cdot l_p \cdot d \cdot h} \leq [\sigma]_{зм},$$

де $M = 13269 \text{ Нм}$ – момент кручення валу;

$l = 0,085 \text{ м}$ – робоча довжина шпонки;

$d = 0,25 \text{ мм}$ – діаметр;

$z = 1$ – одна шпонка;

$h = 0,027$ м – висота;

Тоді: $\sigma_{зм} := 78$ МПа

$[\sigma]_{зм} = 210$ МПа – напруження зминання допустиме для шпонки – буде сталь 45.

$$\sigma_{зм} < [\sigma]_{зм}.$$

З розрахунку шпонки умов міцності на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{2M}{zbl_p d} \leq [\tau]_{зр}, \quad \tau_{зр} = 41 \text{ МПа}.$$

$[\tau]_{зр} = 75$ МПа – допустовий напружений зріз шпонки – сталі 45.

$$\tau_{зр} < [\tau]_{зр}.$$

3.4. Розрахунки на міцність конструкцій

3.4.1 Розрахунок валка

Валок розглядаємо як двохопорну балку і розраховуємо навантаження на 600мм при рівномірному розподіленні навантаження $q = 310$ кг/см = 310000 Н/м.

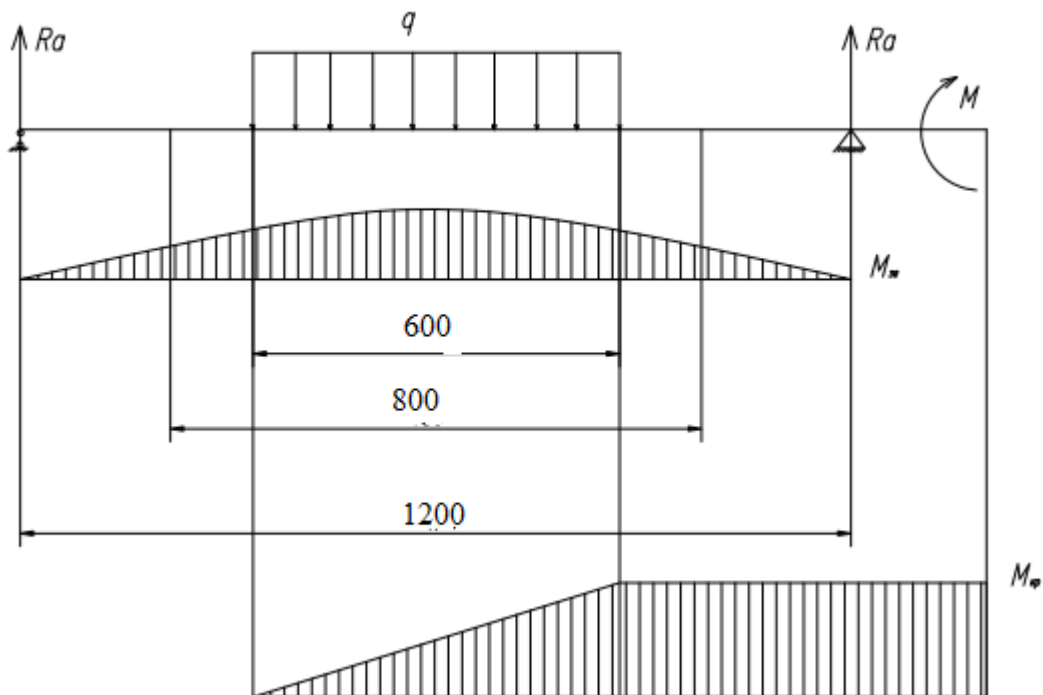


Рис. 3.4. Схема розрахунку валка

З одного боку приводу через шестерню передається на валок крутний момент

$$M_{кр} = 9550 \frac{N}{n},$$

де $N = 2.9$ кВт – потужності електричного двигуна;

$n = 12,5$ об/хв – частота валкового обертання;

$M_{кр} = 2215.6$ Н/м

Розглянемо розрахунок валка за його міцності декількома перерізами.

На перерізі 1 – 1 згинальний момент буде:

$$M_{з1} = q \cdot b \cdot \frac{2c + b}{2L} \left[a + \frac{b(2c + b)}{4L} \right],$$

де $q = 310$ кг/см – інтенсивність розподіленого навантаження;

$b = 20$ см – ширина частини навантаження валка;

$L = 80$ см – відстань міжопорана;

$a = 21$ см – геометричні розміри;

$c = 21$ см – геометричні розміри;

$M_{кр1} = 676.598$ Н/м

Відповідно момент інерції для 1 – 1

$$I_{1-1} = I_1 - I_2 - I_3$$

де I_1 – момент інерції буде:

$$I_1 = \frac{\pi \cdot D_1^4}{64}; \quad I_1 = \frac{3,14 \cdot 71^4}{64} = 1246760 \text{ см}^4 = 1246,76 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Відповідно моменти інерції для I_2 , самої циліндричної частини валка

$$I_2 = \frac{3,14 \cdot 15^4}{64} = 2484 \text{ см}^4 = 2,484 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

$D_2 = 15$ см – діаметр внутрішній валка;

Більш складним є визначення I_3 . Він однозначно має свої складові, які в

пливають на даний момент. Тому ми розглядаємо: I' – як момент інерції пазів валка; $d = 3,5$ см – діаметр впадини каналу паза; F – площа

пазу; $R = 68\text{мм}$ – розташування пазів по такому радіусі і α – кут пазів на валку. Тоді вираз буде:

$$I_3 = 4(I' + z_1^2 F) + 4(I' + z_2^2 F) + 4(I' + z_3^2 F) + \\ + 4(I' + z_4^2 F) + 4(I' + z_5^2 F) + 2(I' + z_6^2 F) + 2I'$$

$$z_1 = 27,5 \sin 15^\circ = 7,12 = 0,0712 \text{ м}$$

$$z_2 = 27,5 \sin 30^\circ = 13,75 = 0,1375 \text{ м}$$

$$z_3 = 27,5 \sin 45^\circ = 19,45 = 0,1945 \text{ м}$$

$$z_4 = 27,5 \sin 60^\circ = 23,82 = 0,2382 \text{ м}$$

$$z_5 = 27,5 \sin 75^\circ = 26,52 = 0,2652 \text{ м}$$

$$z_6 = 27,5 \sin 90^\circ = 27,5 = 0,275 \text{ м}$$

Відповідно інерційний момент для перерізу I - I складе:

$$I_1 = 1246760 - 2484 - 87488 = 1156788 \text{ см}^4 = 1156,79 \cdot 10^{-5} \text{ м}^4$$

Опір згину моменту у перерізі I-1

$$W_1 = \frac{I_1}{R} = 3258,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Напруження максимальне згину для I – I

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = 187 \text{ кгс/см}^2 = 18,7 \text{ МПа}$$

Напруження кручення для I – I

$$\tau_1 = \frac{M_{кр}}{W_p} = 0,049 \text{ МПа}$$

W_p – момент полярний опору;

Значення напруження валка приведені ми визначимо виразом:

$$\sigma_{np1} = \frac{1 - \mu}{2} \sigma_1 + \frac{1 + \mu}{2} \sqrt{\sigma_1^2 + 4\tau_1^2} = 18,7 \text{ МПа} [\sigma] = 375$$

$$\sigma_{np1} < [\sigma]$$

3.5. Розрахунки, що підтверджують надійність конструкції

3.5.1 Розрахунок довговічності підшипників валка

На валах валків встановлено радіальні двох рядні сферичні роликові підшипники N3003180 із встановленими розмірами й динамікою вантажно підйманістю $c = 176100$ кг. Враховуючи вище згадане встановлюємо динаміко еквівалентну навантаженість на підшипник

$$P = (V \cdot X \cdot F_r + Y \cdot F_a) k_b \cdot k_t,$$

де $V = 1$ – обертовий коефіцієнт відносно навантажувального вектора внутрішньої обойми;

$X = 1$ – коефіцієнт внутрішніх навантажень;

$F_r = 68000$ кг – діючі радіальні на підшипник навантаження,;

$Y = 1,49$ – коефіцієнт осьових навантажень;

$k_b = 1,25$ – коефіцієнт врахування динаміки при умові праці;

$k_t = 1,06$ – температурний коеф.;

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 75000 + 2,69 \cdot 0) 1,2 \cdot 1,05 = 945000 \text{ Н}$$

довговічність номінальна підшипника

$$L_h = \frac{10^6}{60 n} \left(\frac{C}{P} \right)^{3,33},$$

При значеннях: $n = 20,6$ об /хв – частоти обертів підшипника і динамічній вантажній підйомності $c = 1780000$, у нашому випадку довговічність підшипника становить 6100 год.

3.5.2. Розрахунок формувального вузла

Станина вузда формування приймає навантаження, що виникає при роботі валків. Отже, станина вузда формування - це конструкція, яка призначена для прийняття та перенесення навантаження, яке виникає при роботі статичних і динамічних навантажень. Статичні навантаження - це ті навантаження, які залишаються постійними або змінюються дуже повільно з часом. Станина повинна бути розрахована на такі статичні навантаження, щоб не перевантажуватися і не ламатися. Динамічні навантаження - це навантаження, які змінюються дуже швидко з часом.

Наприклад, при русі валків. Станина також повинна бути розрахована на ці динамічні навантаження, щоб забезпечити безпеку та стабільність системи.

Для розрахунку та конструювання станини вузда формування необхідно враховувати тип навантаження, його інтенсивність, матеріал станини, геометричні параметри та інші фактори, що можуть вплинути на її міцність та надійність. Такий аналіз і розрахунок допомагають забезпечити безпеку та ефективну роботу конструкції в умовах різних навантажень.

Станина, яка складається з Н-образної рами і траверси таврового перерізу і має жорстке з'єднання, відноситься до типу рам з жорстким з'єднанням. Такий дизайн станини використовується для забезпечення великої міцності та стійкості конструкції під дією різних навантажень, включаючи як статичні, так і динамічні. Жорстке з'єднання означає, що структурні елементи (в даному випадку, Н-образна рама і траверса таврового перерізу) з'єднані так, що вони не можуть відносно один одного вільно рухатися. Це забезпечує сталість конструкції під навантаженнями і допомагає запобігти небажаним деформаціям або коливанням. Для розрахунку таких станин зазвичай використовують методи інженерного аналізу та моделювання для забезпечення їхньої безпеки та ефективності, і їх розрахунок може бути складним завданням.

Метод сил (або метод внутрішніх сил) є одним з основних методів для розрахунку статично невизначених структур. Цей метод полягає в аналізі зовнішніх і внутрішніх сил, що діють на структуру, та розрахунку внутрішніх сил у кожному структурному елементі. Канонічні рівняння метода сил використовуються для встановлення рівноваги між силами та моментами в кожному структурному елементі.

Зазвичай, розрахунок розпочинається зі складення рівновагових рівнянь для кожного структурного елемента, що дозволяє знайти внутрішні сили та моменти. Далі використовуються кінематичні рівняння, які виражають еквівалентність лінійних і кутових переміщень в основній

та заданій системі. Всі ці рівняння використовуються для визначення величини внутрішніх сил, що діють на станину валки. Цей процес дозволяє аналізувати та розраховувати статично невизначені станини та інші складні структури для забезпечення їхньої міцності та стійкості під навантаженнями.

Розрахунок статично невизначеної станини за допомогою методу сил передбачає використання коефіцієнтів при невідомих, що визначають переміщення в основній системі під дією одиничних зусиль. Цей метод також дозволяє визначити невідомі силові фактори.

Процес розрахунку можна узагальнити наступним чином:

1. Визначити всі зовнішні сили і моменти, що діють на станину, а також всі зовнішні реакції опори (включаючи реакції опори в точках з'єднання станини з підвісами або іншими конструкціями).
2. Розглянути систему та її опори так, щоб система стала замкнутою прямокутною рамою на опорах. Це означає, що всі точки з'єднання станини тепер фіксуються у всіх трьох напрямках: горизонтальному, вертикальному та обертальному.
3. Встановити величини невідомих переміщень та силових факторів для кожного структурного елемента. Зазвичай в цьому методі використовуються переміщення в основній системі під дією одиничних зусиль (наприклад, прикладення одиничного горизонтального і вертикального зусилля).
4. Скласти систему рівнянь на основі рівноваги сил і моментів для цієї замкнутої рами. В цих рівняннях коефіцієнти визначають вплив переміщень та силових факторів на сумарні згинаючі моменти та інші величини у структурних елементах.
5. Вирішити систему рівнянь, щоб знайти значення невідомих переміщень та силових факторів.

Цей метод дозволив розраховувати статично невизначені станини та визначити всі необхідні параметри, такі як згинаючі моменти,

переміщення та реакції опори, що важливо для забезпечення міцності та стійкості конструкції.

Розрахунок статично невизначеної станіни за допомогою методу сил передбачає використання коефіцієнтів при невідомих, що визначають переміщення в основній системі під дією одиничних зусиль. Цей метод також дозволяє визначити невідомі силові фактори.

Розрізавши раму по площині симетрії і позначивши різні силові фактори, запишемо систему канонічних рівнянь для аналізу стану станіни. Опис вказує на те, що в цьому випадку буде шість рівнянь та шість невідомих, що є характерним для статично невизначених систем.

Система канонічних рівнянь може виглядати так:

1. Рівновага по горизонталі (сума горизонтальних сил): $\Sigma F_x = 0$
2. Рівновага по вертикалі (сума вертикальних сил): $\Sigma F_y = 0$
3. Рівновага моментів навколо точки (або осі) в рамі: $\Sigma M = 0$
4. Кінематичні рівняння, які виражають еквівалентність лінійних і кутових переміщень в основній та заданій системі: $x_1 = \dots x_2 = \dots x_3 = \dots x_4 = \dots x_5 = \dots x_6 = \dots$

Де x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 і x_6 - це невідомі силові фактори або переміщення, які слід знайти. З цими шістьма рівняннями та шістьма невідомими зможемо визначити стан станіни та всі необхідні параметри для аналізу міцності та стійкості конструкції. Розрахунки також можуть включати розрахунок згинаючих моментів, зусиль у станіні, переміщень та реакцій опори в залежності від конкретних умов та навантажень. Розглядаємо систему приводимо до вигляду замкнутої прямокутної рами на опорах (рис.3.5.).

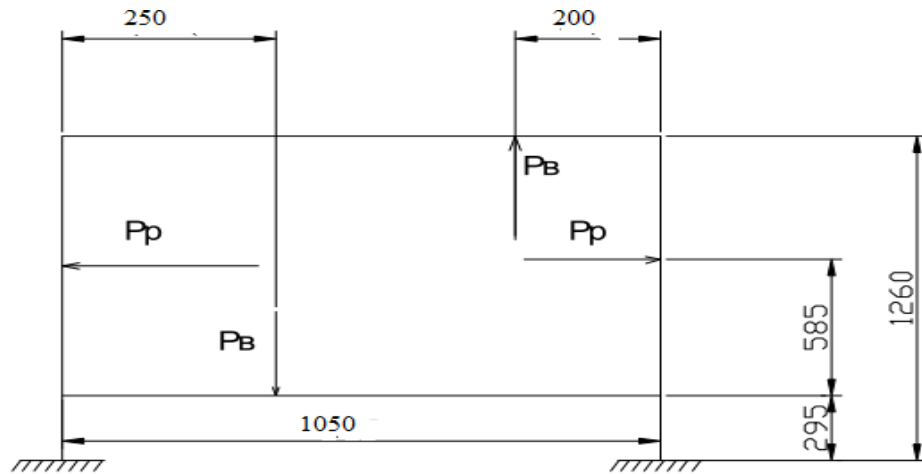


Рис. 3.5. Вихідна система нагнітального вузла

Для визначення переміщень, які входять в канонічні рівняння за допомогою відповідних епюр, можемо використовувати формулу Верещагіна. Формула Верещагіна дозволяє визначити величину і напрямок переміщення в окремих точках станини.

Формула Верещагіна має наступний вигляд:

$$\Delta x = \Sigma (\Delta F_i * R_i) / (E * A_i * L)$$

Де: Δx - переміщення в певній точці станини;

- ΔF_i - зміна силового фактора в точці станини (ваші x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 або x_6);
- R_i - відстань від точки станини до точки прикладення силового фактору;
- E - модуль пружності матеріалу станини;
- A_i - площа поперечного перерізу станини в точці прикладення силового фактору;
- L - довжина станини.

Використовуючи цю формулу для кожного силового фактору (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 і x_6), зможемо визначити величину і напрямок переміщення в кожній з точок станини. Після цього використовуємо ці переміщення у канонічних рівняннях для аналізу статички та міцності вашої станини.

Цей підхід допомагає врахувати вплив різних силових факторів на переміщення та деформації в станині та є важливим етапом при аналізі і Знайдені значення переміщень підставляємо в канонічні рівняння:

$$\begin{cases} 1.79x_1 + 0x_2 + 1.93x_3 + 0.2x_4 + 0x_5 + 0.952x_6 = 134.46 \\ 0x_1 + 3.28x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0.74x_5 + 0x_6 = -22.86 \\ 1.93x_1 + 0x_2 + 4.735x_3 + 0.16x_4 + 0x_5 + 0.8x_6 = 144.1 \\ 0.2x_1 + 0x_2 + 0.16x_3 + 0.043x_4 + 0x_5 + 0.16x_6 = 20.03 \\ 0x_1 + 0.74x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 1.387x_5 + 0x_6 = -16.33 \\ 0.952x_1 + 0x_2 + 0.8x_3 + 0.16x_4 + 0x_5 + 2.755x_6 = 87.71. \end{cases}$$

Розв'язок системи з шістьма рівняннями і невідомими, дохволив отримати наступні результати: $x_1=38640.60$; $x_2 = 907865.4$; $x_3 = 659140.3$; $x_4 = 27420.68$; $x_5 = 134208.7$; $x_6 = 115876.11$.

Аналіз сумарних епюр сил та моментів у конструкції може виявити точки, де найбільша інтенсивність сил і моментів, і, отже, найбільша небезпека для структури. Зазвичай точки прикладення сил, де вони збільшуються або мають найбільший модуль, можуть бути місцями найбільшої уражаючої дії на конструкцію. Важливо звернути увагу на ці точки при розрахунках та прийняти відповідні заходи для забезпечення міцності та стійкості конструкції.

Якщо точки прикладення сил виявляються "найбільш небезпечними місцями" конструкції, це може означати, що: У цих точках може виникати найбільша згинаюча моментна дія на структуру.

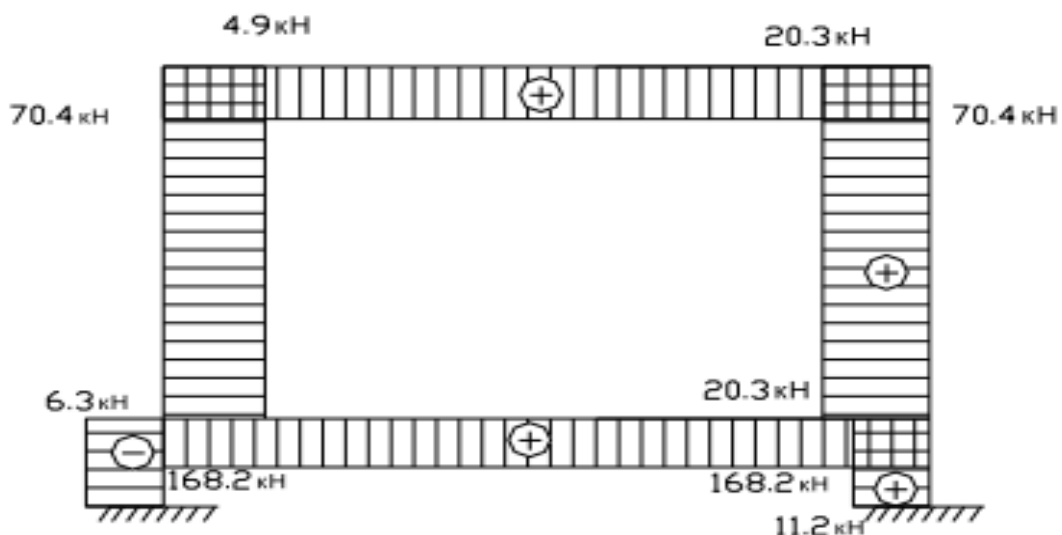


Рис.3.6. Сумарна епюра поздовжніх сил

Важливо враховувати вплив інших чинників, таких як зусилля вздовж і поперек конструкції та відповідні комбінації навантажень. Це може вимагати відповідних заходів для зміцнення або підтримки

конструкції в цих місцях. Розглянувши сумарні епюри сил (рис.3.6) можна відзначити, що найбільш небезпечними місцями конструкції є, в цілому, точки прикладення сил.

3.5.3. Обґрунтування вибору конструкційних матеріалів

У формувальній машині відбувається розділення маси тіста на маленькі заготовки х подальшим утворенням форми бублика. Тісто, особливо в промисловому виробництві хліба та кондитерських виробів, може бути агресивним середовищем для металевих деталей через наявність вологи, кислот, солей і інших хімічних речовин. В результаті взаємодії з тістом і цими речовинами, металеві деталі можуть піддаватися корозії або іншим видам пошкоджень. Для запобігання цьому, робочі поверхні деталей, які контактують з тістом, виготовляють із нержавіючих конструкційних сталей, кольорових металів (наприклад, алюмінію) або полімерів. Ці матеріали стійкі до корозії і хімічних впливів, що допомагають довше зберігати деталі та запобігати забрудненню тіста продуктами розпаду металу. Такі конструкційні матеріали зазвичай довговічні та легкі у догляді, що робить їх ідеальними для виробництва обладнання, яке контактує з харчовими продуктами, такими як тісто.

Нержавіюча сталь, зокрема харчова нержавіюча сталь X18H10T (яка також відома як AISI 321 або 1.4541), є дуже популярним матеріалом для виготовлення обладнання в харчовій і пивній промисловостях. Вона має декілька важливих переваг:

1. Стійкість до корозії: Харчова нержавіюча сталь має високу стійкість до корозії, що дуже важливо в умовах зволоження та взаємодії з різними рідкостями, як це має місце в пивоварінні.
2. Гігієнічність: Цей матеріал відповідає стандартам щодо гігієнічності і безпеки харчових продуктів, тому його часто використовують для контакту з їжею та напоями.

3. Теплопровідність: Харчова нержавіюча сталь має добру теплопровідність, що корисно для різних процесів пивоваріння, включаючи нагрівання і охолодження.
4. Міцність і довговічність: Вона є міцною та довговічною, що робить її ідеальним вибором для обладнання, яке повинно працювати протягом багатьох років в умовах високих навантажень.

Таким чином, використання харчової нержавіючої сталі X18H10T є логічним та ефективним вибором для обладнання в пивній промисловості, де важливо забезпечити якість продукту і довговічність обладнання.

Так, для виготовлення деталей, які не контактують з агресивним середовищем, але піддаються значним механічним навантаженням, часто використовуються конструкційні якісні сталі та низьколеговані сталі, які піддаються відповідній термообробці для покращення їх міцності та інших механічних властивостей. Ось деякі приклади таких матеріалів:

1. Конструкційні якісні сталі, такі як сталь 40, 45, 50 тощо, використовуються для виробництва деталей, які вимагають високої міцності та стійкості до механічних навантажень.
2. Низьколеговані сталі, такі як сталь 40X, 40XH, 45Г, мають додаткові легуючі елементи, які покращують їхні механічні властивості і зносостійкість.
3. Термообробка, така як закалка та відпуск, використовується для поліпшення міцності та жорсткості цих матеріалів.

Ці матеріали і технології дозволяють виготовити деталі, які можуть витримувати великі механічні навантаження, і вони широко застосовуються в різних галузях промисловості, включаючи машинобудування, автомобільну промисловість, суднобудування та багато інших.

У низьколегованих сталях 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.

Незважаючи на агресивність тіста, проведені розрахунки дозволили вибрати конструкційну якісну сталь 45. **Адже** вимоги до високої міцності та стійкості до механічних навантажень і стану тіста дозволили на цій сталі зробити нові рихлі шляхом наварювання.

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВАЛКІВ ДЛЯ РОЗКАЧУВАННЯ ТІСТА

Дослідження проводили із допущенням, що тісто між валками одержує активний вплив зв'язків окремих частинок. Розгляд таких впливів відображає важливі аспекти обробки тіста валками на структуру бубликів та газоутворюючі властивості тіста. Коли тісто стискається валками, це призводить до зменшення пор в об'ємі тіста, оскільки частки тіста стискаються разом, і це призводить до зменшення об'єму порожніх просторів. Це також може призвести до пружної деформації часток тіста, коли вони змінюють свою форму під дією тиску. Ці показники можуть включати вологість тіста, тип і кількість доданих інгредієнтів (наприклад, дріжджі), температуру та тривалість обробки тіста, і багато інших факторів. Вони дійсно можуть мати великий вплив на структуру бубликів і якість кінцевого продукту.

Дослідження цих показників допомагає краще розуміти процеси, які відбуваються в тісті під час його обробки і випікання, і дозволяє оптимізувати рецептури та технологію приготування для досягнення бажаних результатів.

4.1. Встановлення особливостей руху середовища в зазорі між валками

Врахування того, що основного напрямку ефективного технологічно-технічного забезпечення формування виробів із тіста є валкові робочі органи у бубличній машині. Мала кількість їх різноманітних конструкцій для виконання технологічних операцій потребують удосконалення. Для створення таких валків

необхідно особливо зосередитися на конструктивному розв'язку, так як це має вплив на можливості виготовлення. Крім цього вони повинні впливати на тісто так, щоб із мінімальними втратами сировини й готової продукції при якості виробів. Це визначило наші завдання щодо валкового конструювання.

Проведені розрахунки в попередніх розділах і специфіка широкого діапазону властивостей тіста, умов експлуатації пов'язана із використання фізико-хімічної механіки матеріалів, металознавства тощо. Зважаючи на традиційний спосіб машини, що базується на деформаційних навантаженнях в квазістатичних і динамічних режимах, нами проведено дослідження впливу нової поверхні валка на якість нагнітання.

При дослідженнях враховувалися параметричні розрахунки та фізико-механічні характеристики тіста. Запропоновані рихлі на поверхні є у вигляді гвинтової лінії з постійним кроком (рис.4.1).

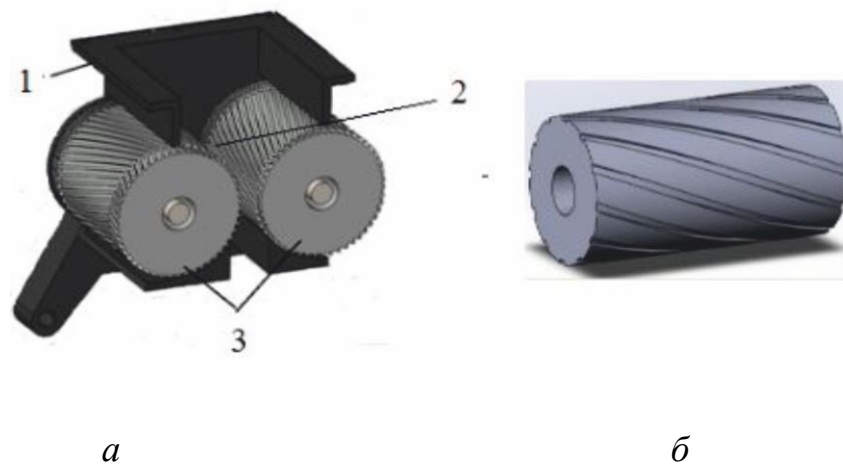


Рис. 1. Вузол нагнітання: 1-місткість для тіста; 2- міжвалковий зазор; 3- валки (а); загальний вигляд нового валка (б)

Встановлення особливостей руху середовища в зазорі між валками є важливим питанням, особливо в контексті промислових процесів, де такі валки використовуються для обробки матеріалів, зокрема для розгонки або розмелювання. Важливо розуміти, як середовище рухається в цьому зазорі, оскільки це може впливати на результати обробки та якість продукту.

Основні аспекти, які впливають на рух середовища в зазорі між валками, включають:

1. Форма та розмір зазору: Форма та розмір зазору між валками можуть варіюватися в залежності від конкретного процесу. Це може бути постійним або змінним параметром.
2. Тип середовища: Важливо враховувати властивості та характеристики середовища, яке обробляється в зазорі між валками. Це може бути рідина, тверде речовина, гранули, паста тощо.
3. Швидкість руху валків: Швидкість обертання та руху валків важливо враховувати, оскільки вона впливає на турбулентність та переміщення середовища в зазорі.
4. Тиск та температура: Тиск та температура середовища можуть впливати на його властивості та рух.
5. Властивості матеріалів валків: Матеріали валків, які контактують з середовищем, також важливі, оскільки вони можуть впливати на тертя, стійкість та теплопередачу.

Для вирішення цих завдань проводяться різні розрахунки та моделювання, включаючи обчислення гідродинаміки, теплообміну, турбулентного руху тощо. Важливо мати належні знання та інструменти для аналізу та прогнозу руху середовища в зазорі між валками, щоб забезпечити оптимальні умови для обробки матеріалів і досягнення бажаних результатів. Рівномірність розкачування елементарних об'ємів середовища в зазорі між валками є суттєвим фактором для забезпечення ефективної дії валків на це середовище. Це важливо з кількох причин:

1. Максимізація обробки: Рівномірне розподілення і розкачування елементів середовища в зазорі між валками допомагає максимізувати контакт і взаємодію між середовищем і робочими поверхнями валків. Це може поліпшити ефективність обробки, таку як зменшення розміру частинок, змішування рідини, роздроблення матеріалів тощо.
2. Зниження нерівномірності обробки: Якщо розподілення і розкачування елементів не рівномірне, це може призвести до нерівномірності обробки матеріалів та недосягнення бажаних результатів.

3. Ефективність споживання енергії: Рівномірне розподілення елементів допомагає знизити нерівномірне навантаження на валки, що може впливати на ефективність та тривалість їх роботи.

Допущення про однакову питому подачу та постійну в'язкість, які не враховуються в розрахунках, можуть бути корисними для спрощення задачі, але в реальних умовах можуть виникнути відхилення від цих допущень, що слід враховувати при проектуванні та експлуатації машин і обладнання з валками. Наприклад, зміна в'язкості при різних умовах та температурах може впливати на рух середовища та процес обробки.

Для кращого розуміння процесу розкачування тіста з використанням валків, загальна схема цього процесу:

1. **Валки:** Це обидва валки однакового діаметра, які обертаються в протилежних напрямках один до одного. Вони слугують робочими інструментами для обробки тіста.
2. **Тісто:** Тісто, в даному випадку пшеничне тісто, подається в зазор між валками. Воно виходить з робочої камери машини і потрапляє між валками для подальшої обробки.
3. **Розкачування тіста:** Коли валки обертаються, вони стискають і розкачують тісто, роблячи його тоншим і рівномірним за розмірами. Процес розкачування може бути багатократним, в залежності від бажаного кінцевого результату.

Цей процес допомагає отримати бажану консистенцію тіста, зменшити товщину і рівномірно розподілити матеріал. Важливо керувати параметрами, такими як швидкість валків, розмір зазору між ними та кількість проходів тіста через валки, щоб досягти потрібних результатів. Схематично процес дії валків на тісто зображено на рисунку 4.2. Валки з однаковими діаметрами мають зустрічне обертання при неперервному русі пшеничного дріжджового тіста.

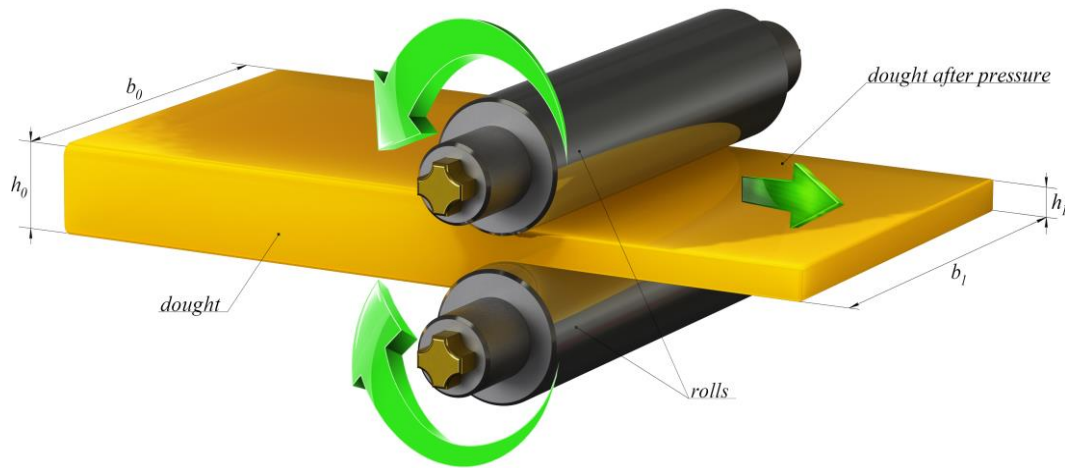


Рис.4.2. Формувальні валки

Так, для опису неізотермічної течії тіста в міжвалковому зазорі можна використовувати систему диференціальних рівнянь, які включають рівняння нерозривності, руху, енергії та рівняння, що характеризують закон течії [2,9,6,18].

1. Рівняння нерозривності (рівняння континуїтності):

$$\partial\rho/\partial t + \nabla \cdot (\rho \mathbf{u}) = 0$$

де ρ - щільність тіста,

\mathbf{u} - вектор швидкості течії,

$\nabla \cdot$ - оператор дивергенції.

2. Рівняння руху (рівняння Нав'є-Стокса):

$$\rho(\partial \mathbf{u} / \partial t + \mathbf{u} \cdot \nabla \mathbf{u}) = -\nabla P + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau} + \rho \mathbf{g},$$

де P - тиск,

$\boldsymbol{\tau}$ - тензор напружень,

\mathbf{g} - вектор сили впливу гравітації.

3. Рівняння енергії:

$$\rho c \frac{dT}{dt} = k \nabla^2 T + q$$

де T - температура,

c - теплоємність,

k - коефіцієнт теплопровідності,

q - джерело тепла або тепловий потік.

4. Рівняння, що характеризує закон течії, може включати в себе різноманітні моделі, такі як модель Карре-Хершеля-Балдвіна, модель

Пауера-Ло, модель Оствальда-де Валя та інші, які відображають залежність напруження від швидкості течії та інших факторів.

Ці рівняння визначаються на основі фізичних властивостей тіста, таких як щільність, в'язкість, теплоємність, теплопровідність та інші параметри, і вони дозволяють моделювати неізотермічну течію тіста в міжвалковому зазорі. Для розв'язання цих рівнянь може бути використано чисельні методи, такі як метод скінчених елементів, метод скінчених різниць або метод обмежених областей.

Пропоновані параметричні розрахунки істотно розширили технологічні можливості валка та якість одержуваної продукції внаслідок більш простого, та дешевшого виготовлення та покращення міцність конструкції за рахунок нового кута розташування додаткових пазів.

4.1.1. Визначення розподіл напруження й деформацій розвинутих на поверхні валка в відносно радіусу

Для проведення встановлення розподілу напружень та деформації використовуємо вихідні дані: $\mu=0,25$; $E=210$ Па

$$R_b = 80\text{мм}; R_z = 810\text{мм}; 5\ 9,4\ \text{з}$$

$$P = 3.2 \cdot 10^5\ \text{Н/м.}$$

Введені необхідні параметри, такі як радіус валка, матеріал, навантаження та інші вхідні дані у підрахунок може вестися за різними формулами, залежно від того, що саме хочемо обчислити. Визначення математичної моделі, яка описує розподіл напруги та деформації у стінці валка в залежності від радіуса має вигляд:

$$\sigma_r^b = \frac{P_3 R_3^2}{R_3^2 - R_6^2} \left(1 + \frac{R_6^2}{r^2} \right)$$
$$U^b = -\frac{P_3 R_3^2}{E (R_3^2 - R_6^2)} \left[(1 - \mu) \cdot r + (1 + \mu) \frac{R_6^2}{r} \right]$$

На основі приведених формул і даних будуємо графіки залежності розподіл напруги та деформації (рис.

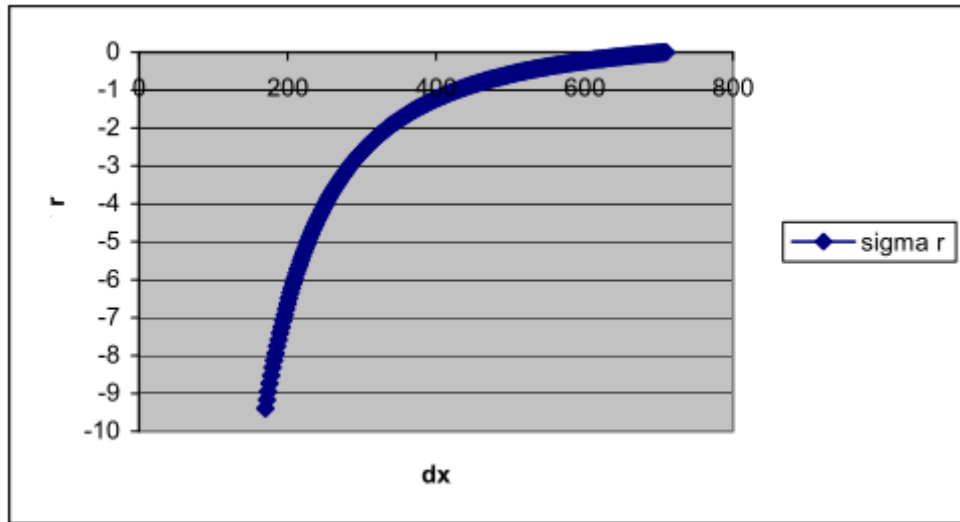


Рис.4.3. Залежність напруження від радіусу

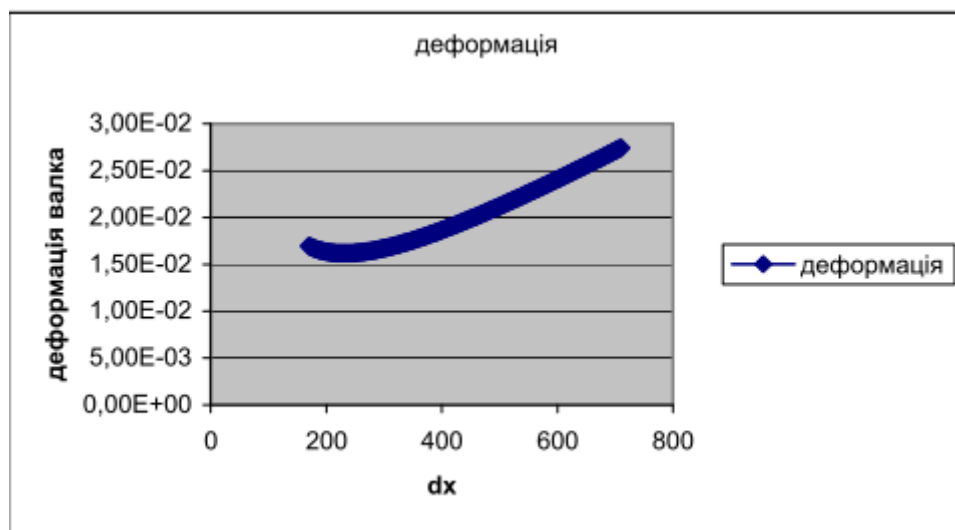


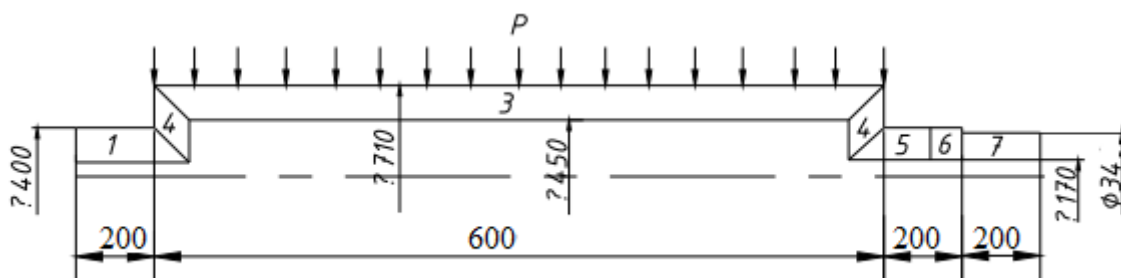
Рис.4.4. Залежність деформації від радіусу

Із графіків випливає, що напруження на валку для нашого радіусу досить малі і вони не можуть викликати суттєвих змін у порівнянні із існуючими. Також зміна залежності деформації від радіусу валка вказує на незначні деформації. Всі ці дані ґрунтуються на тому, що тісто є нестисливою рідиною і не вплине на ефективне використання запропонованих валків.

4.1.2. Розробка 3D-моделі базової і модернізованої частини установки

Програмне забезпечення AutoCAD - це дуже популярний і потужний інструмент для створення 2D та 3D-моделей і малюнків. Створення 3D-моделі модернізованого валка використано AutoCAD, що може бути дуже корисним. Можемо створити детальні 3D-моделі об'єкта, включаючи всі

необхідні деталі і характеристики. AutoCAD надає різноманітні інструменти для моделювання 3D-об'єктів, включаючи можливість створення 3D-моделей з нуля або імпортування 3D-даних з інших джерел. З використанням AutoCAD ми можемо виконати розрахунки, аналізувати валки. Це дозволяє нам ретельно розробити модернізовану частину установки і впевнитися, що вона відповідає всім технічним вимогам і стандартам.



4.5. Створення базового валка

Команда "Like" у програмному забезпеченні AutoCAD призначена для створення об'єкта, який відповідає формі і розмірам іншого об'єкта або ескізу. Для створення профілю конструкції в площині ху За допомогою команди "Like" відкриваємо робочу область AutoCAD та переходимо в плоский режим (площина ху). Вибираємо ескіз рис. 4.5), форма і розміри якого потрібні для створення профілю конструкції.

Для створення профілю конструкції з відповідними розмірами на кресленні та отримання пазів на поверхні заготовки в AutoCAD, виконано наступні кроки: створено профіль конструкції валка в площині ху за допомогою команди "Круг" для зовнішнього контуру. Після створення зовнішнього контуру, використано команду "Масив" для створення багатьох елементів цього контуру, які будуть вам потрібні. Далі, для створення пазів на поверхні заготовки, за допомогою команди "Ескіз" або "Полілінія" або іншої відповідної команди, створено контур валка з пазами.

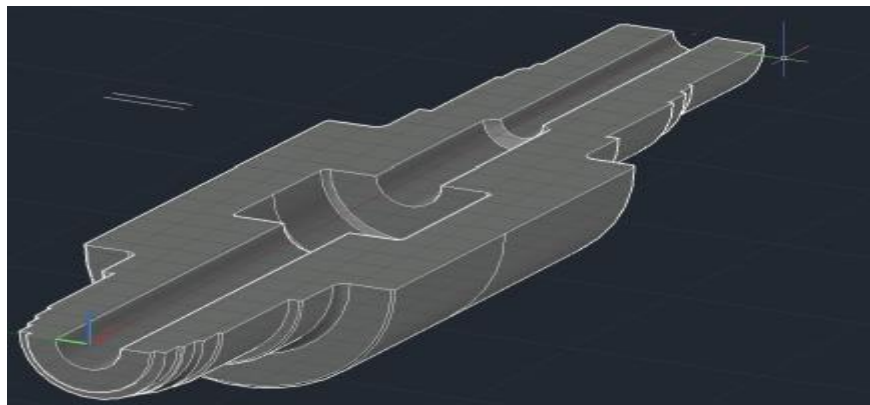


Рис. 4.6 –валок обертання

Моделювання конструкції у вигляді окремих фрагментів і розбиття їх на скінчені елементи є типовим підходом для аналізу та дослідження поведінки конструкцій. Для цього можна використовувати різні програмні засоби, включаючи AutoCAD для створення геометричних фрагментів та інші програми для подальшого аналізу та розбиття на скінчені елементи, наприклад, програми для скінченно-елементного аналізу (Finite Element Analysis - FEA). (див. Табл.1.2). Для розрахунку використано конструктивні розміри валка (рис. 4.5), модулі пружного стану $E=2 \cdot 10^9$ Па та коефіцієнт Пуасона $N=0,25$;

Кількість скінчених елементів по фрагментам Табл. 1.2

Фрагменти	Mx1	Mx2	Mx3
1	10	9	21
2	10	9	21
3	10	9	21
4	10	9	21
5	10	9	21
6	10	9	21

Наша схема початкової конструкції подана на рис. 4.7.

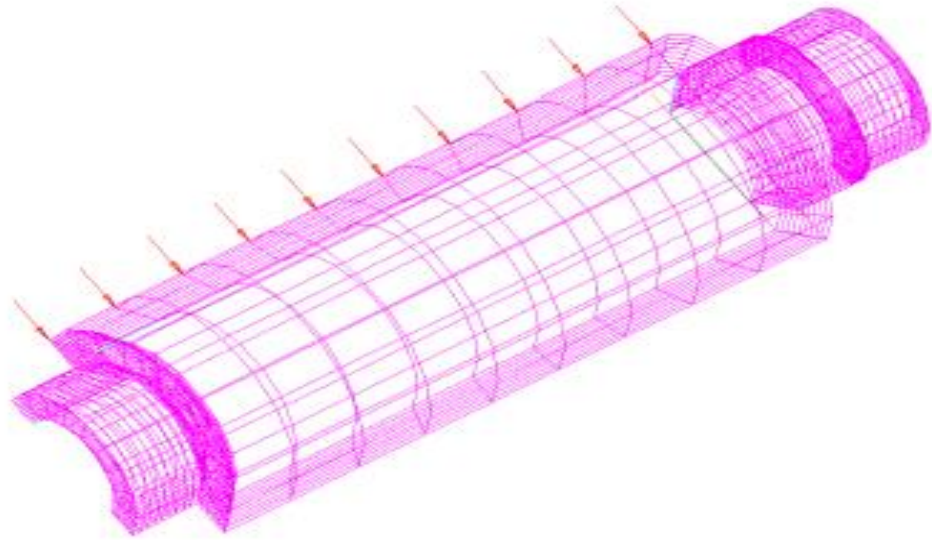


Рис. 4.7. Схема навантаження валка.

Знаходимо СЕ із максимальним навантаженнями. Виділяємо його на початковій схемі валкової конструкції. Находжені приведені напруження в максимально навантаженому валку визначаємо по енергетичній теорії міцності: максимальне напруження валка на частині його поверхні 494 Па.

Приведене напруження (також відоме як гістерезисна напруження) визначається з використанням енергетичної теорії міцності, яка є однією з теорій для оцінки міцності матеріалів та конструкцій [9,14]. Ця теорія базується на ідеї, що матеріал витримує обмежену кількість енергії перед тим, як почнуться пошкодження або руйнування. Вираз для приведенного напруження виглядає наступним чином:

$$\sigma_p = 2U_p / A\sigma_p$$

Де: σ_p - приведені напруження,

- U_p - кількість енергії, яка поглинута валком перед початком руйнування (це може бути енергія деформації, наприклад, від циклічного навантаження),
- A - площа поперечного перетину матеріалу.

На рис. 4.8. наведено графік приведених напружень за результатами розрахунку.



Рис. 4.8. Напруження згідно результатів розрахунку

Приведене напруження може бути корисним для оцінки міцності матеріалу в умовах циклічних навантажень, таких як тертя, коливання і т. д. Виміряні значення приведених напружень порівнюємо з визначеними допустимими межами для матеріалу, і якщо приведені напруження не перевищують цих меж, то можна вважати, що матеріал може працювати в заданих умовах без пошкодження. Такий стан валка подано на рис. 4.9.

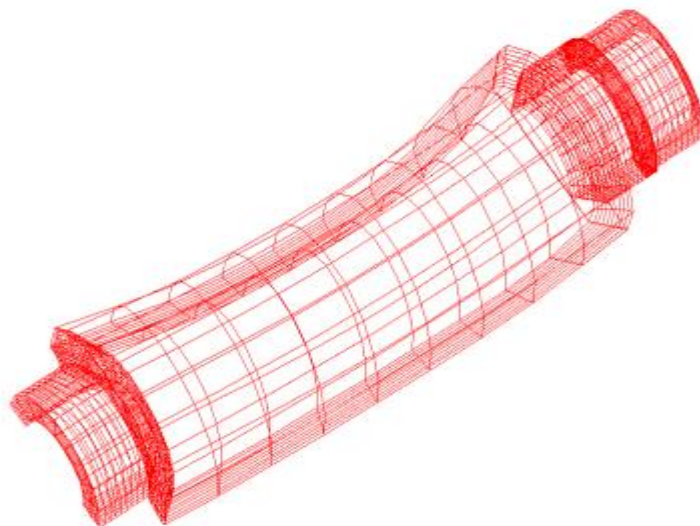


Рис.4.9. Прогин валка

Із рисунку 4.9 видно, що при наданні максимальних навантажень, можлива його деформація. Важливо враховувати, що точна оцінка міцності матеріалу і конструкції вимагає докладного аналізу, а також додаткових факторів безпеки та надійності.

Отримані максимальні напруження в стінці валка (рис.4.10) не перевищують допустимих меж, то така конструкція може бути працездатною в промислових умовах. Допустимі напруження зазвичай встановлюються відповідно до стандартів та регулюються для конкретного матеріалу та конструкції, і вони зазвичай враховують фактори безпеки. Проте важливо зазначити, що для оцінки працездатності конструкції потрібно враховувати інші аспекти, такі як вплив зовнішніх факторів (навантаження, температура, корозія тощо), можливі фактори безпеки, тривалість служби, інші аспекти безпеки та надійності.

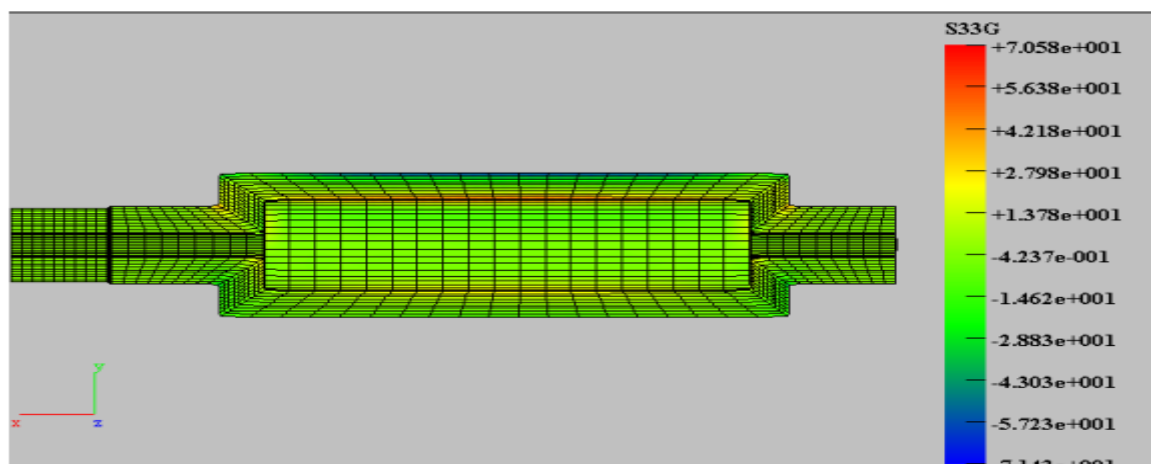


Рис.4.10. Розподіл напружень

Також важливо регулярно перевіряти стан конструкції та проводити необхідне обслуговування, оскільки з часом можуть виникати знос та пошкодження, які можуть впливати на її працездатність. Модернізований валок пройшов випробування на міцність, що відображено на рисунку 4.11.

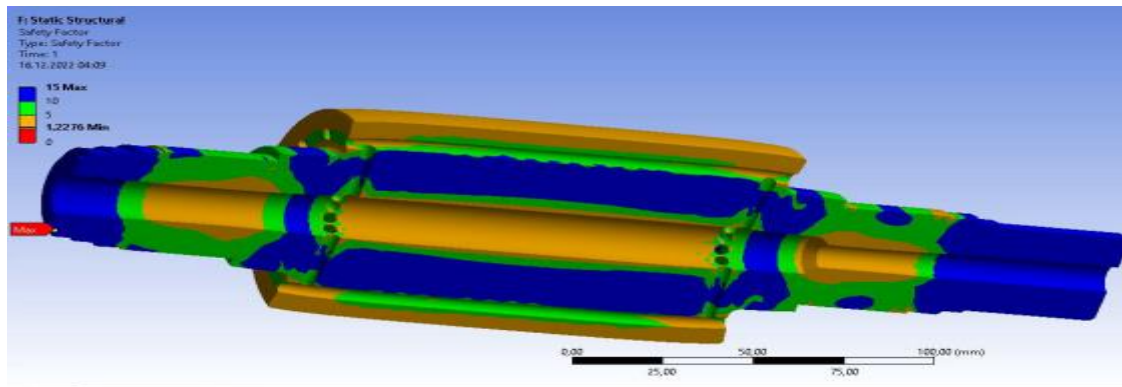


Рис. 4.11 – Розрахунок запасу міцності валка

З розрахунку випливає, що коефіцієнт запасу міцності валка не дозволить дефекту на його поверхні. Адже він більший за значення 1.3, а це вказує про те, що валок не зламається.

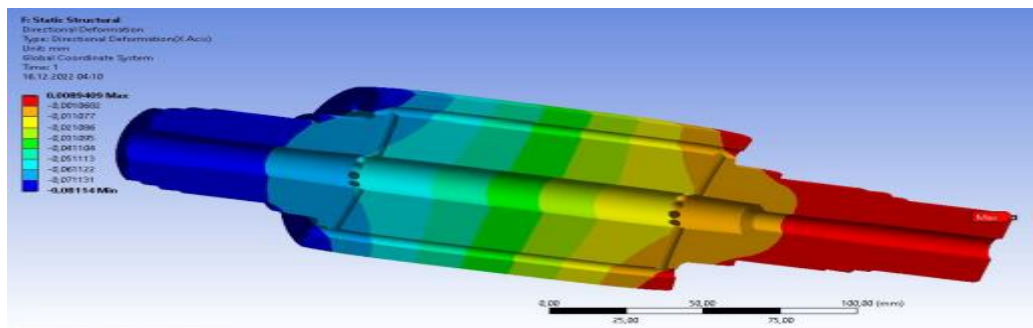


Рис. 4.12 Розрахунок деформацій

Отримані результати модернізованого валка мають кращі механічні характеристики відносно базового і витримують більші навантаження. Це свідчить про покращення конструкції, що може бути важливим при проектуванні. Оскільки модернізований вузол витримує більше навантажень, це означає, що він може використовуватися в більш вимогливих умовах або підвищувати безпеку та надійність системи. Результати аналізу можуть вказувати на можливості оптимізації конструкції для поліпшення механічних властивостей, зменшення ваги.

Оскільки отримані максимальні напруження не перевищують допустимих напружень, то таку конструкцію можна вважати працездатною в промислових умовах.

4.2. Визначення розподілення рівня стискання тіста в зазорі між валковими

Справді, технологічна схема та конструктивне розв'язання машин з валковими робочими органами мають велике практичне значення при створенні або модернізації малогабаритних машин. Кілька ключових практичних аспектів, які варто враховувати:

1. **Продуктивність:** Технологічна схема та конструктивне розв'язання повинні бути оптимізовані для досягнення максимальної продуктивності. Це включає в себе правильний вибір матеріалів валків, швидкість обертання, розмір зазору між валками та інші параметри, що впливають на швидкість та якість обробки.
2. **Надійність:** Малогабаритні машини часто використовуються в умовах, де надійність є критично важливою. Конструкція повинна бути стійкою до зносу, міцною та здатною витримувати великі навантаження.
3. **Якість роботи:** Важливо, щоб технологічна схема та конструкція забезпечували високу якість обробки тіста. Це може включати в себе рівномірне розкачування, збереження властивостей і підтримку потрібних стандартів якості.
4. **Ефективність споживання енергії:** В умовах зростаючих вимог до екологічної стійкості важливо також враховувати ефективність споживання енергії. Валки повинні бути спроектовані так, щоб мінімізувати витрати енергії при збереженні високої продуктивності.
5. **Безпека:** При проектуванні та модернізації машин необхідно враховувати аспекти безпеки для операторів та технічного обслуговування, забезпечуючи відповідні заходи безпеки та захисні пристрої.

Ураховуючи всі ці аспекти при створенні або модернізації машин з валковими робочими органами, можна досягти оптимальних результатів у виробництві та забезпечити надійну та ефективну роботу обладнання. Правильно врахована взаємопов'язаність конструктивних параметрів машини та їх вплив на процес, а також можливість виготовлення та обслуговування машини в умовах підприємств, орієнтованих на ремонт та відновлення техніки, є надзвичайно важливими аспектами. Тому ключові моменти, які варто враховувати у валку є **спрощення конструкції**. Він

повинен бути спрощеним та легко обслуговуватися операторами на підприємствах, орієнтованих на ремонт, ефективний доступ для інспекції та заміни без надмірних зусиль і витрат; **довгий термін служби**- висока якість матеріалів та конструкції машини сприяють подовженню її терміну служби, що важливо для ефективного відновлення техніки.

Ці аспекти допомагають забезпечити ефективне управління машинами, зменшити час і витрати на ремонт та підтримувати високу якість роботи обладнання на підприємствах. Використання високоякісних матеріалів і покриттів для валкових робочих органів дійсно є ключовим аспектом забезпечення тривалої роботи обладнання, особливо в умовах агресивних середовищ.

Використання цих стратегій і підходів допомагає забезпечити тривалу роботу валкових робочих органів в агресивних середовищах і зменшує витрати на обслуговування та ремонт обладнання. Моделювання процесу нагнітання тіста може бути корисним для оптимізації проектування обладнання, покращення якості продукту та зменшення витрат. Такі математичні моделі і чисельні методи є важливими інструментами для інженерів та дослідників у цій галузі.

Визначення стискання тіста у нагнітальній камері машини є важливим кроком для аналізу та оптимізації технологічного процесу. Це дозволяє отримати значення стиску та деформації тіста, що може бути корисним для розуміння властивостей матеріалу та покращення процесу обробки.

Нерівномірність швидкості руху тіста під час проходження через валки машини може бути обумовлена характером течії і змінами товщини тіста в зазорі між валками. Закон зміни товщини тіста при розкачуванні між валками є важливим фактором, що впливає на швидкість руху тіста та рівномірність обробки. Цей закон зміни товщини може бути математично описаним і використовується для розрахунків та моделювання процесу розкачування тіста. Важливо враховувати цей закон при налаштуванні обладнання та оптимізації процесу, оскільки він визначає, як швидкість руху тіста міняється вздовж зазору між валками.

Для розгляду процесу розкачування тіста циліндричними валками можна використовувати закон збереження об'єму. Встановлюємо відповідні залежності між товщиною тіста на вході і на виході з процесу. Це допоможе вам розрахувати зміну товщини тіста (рис.4.2)

Закон збереження об'єму виглядає так:

$$A_1 \cdot L_1 = A_2 \cdot L_2$$

де: A_1 - площа перерізу тіста на вході в між валковий простір, A_2 - площа перерізу тіста на виході з між валкового простору, L_1 - довжина між валкового простору на вході (поверхня валків за наявності тіста), L_2 - довжина між валкового простору на виході (мінімальна між валками).

Можна виразити площу перерізу тіста на вході і на виході як $2\pi R$, де R - радіус валків.

Тоді ми отримуємо:

$$2\pi R \cdot L_1 = 2\pi R \cdot L_2,$$

І, спрощуючи рівняння, ми отримуємо:

$$L_1 = L_2$$

це означає, що довжина міжвалкового простору залишається стала під час процесу розкачування тіста.

Тепер ми можемо висловити товщину тіста на виході (h_2) як функцію товщини тіста на вході (h_1) і мінімальної відстані між валками (h_0):

$$h_2 = h_1 \cdot h_0$$

Це рівняння дозволить вам розрахувати товщину тіста на виході в залежності від товщини на вході та мінімальної відстані між валками.

Під час розкачування тіста виникає деформація розтягування, а також об'ємний зсув та тиск через зміну фізико-механічних властивостей тіста. Напруження, деформація, модулі пружності та інші механічні властивості тіста можуть змінюватися під час розкачування в залежності від тиску, температури та часу. Напруження, що виникають в тісті, можуть бути спричинені зовнішніми силами, внутрішніми змінами властивостей тіста та геометричними параметрами процесу. Зміна

механічних властивостей тіста (наприклад, зміна модуля пружності) може бути важливою при аналізі деформацій та зусиль, які виникають під час розкачування. Ці аспекти дозволять нам отримати більш повне розуміння процесу розкачування тіста та його вплив на механічні властивості та якість тіста.

Функція $F(\varphi)$, яку ми вводимо, містить додаткові параметри, які розкривають дискретність процесу нагнітання. Для розуміння цієї функції та її впливу на процес нагнітання тіста, давайте розглянемо її складові [2,13].:

- φ : Це незалежна змінна, яка вказує на кутову позицію на поверхні валків під час процесу нагнітання. Вона може змінюватися від 0 до 2π радіан.
- h : Це параметр, який вказує на висоту тіста між валками. Він може змінюватися під час процесу.
- R_2 : Це радіус валка, навколо якого обертається тісто.

Функція $F(\varphi)$ містить дві частини:

1. $\ln(1 + h / (R_2 \cdot \sin(\varphi)))$: Це логарифмічний член, який залежить від змінної h та φ . Він може відображати деформацію тіста під час нагнітання.
2. $-h / 2 \cdot (1 / (R_2 \cdot \sin(\varphi)) + 1 / R_2)$: Ця частина відповідає за тиск та зміни фізико-механічних властивостей тіста в залежності від φ та R_2 .

Дискретний процес нагнітання:

$$F(\varphi) = \ln\left(1 + \frac{h}{R_2 \cdot \sin(\varphi)}\right) - \frac{h}{2} \cdot \left(\frac{1}{R_2 \cdot \sin(\varphi)} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$L(\varphi) = Q - \omega \cdot R_2 \cdot \sin(\varphi) \cdot \frac{h}{2}$$

На основі параметрів процесу наших даних побудовано графік рис.4.12.

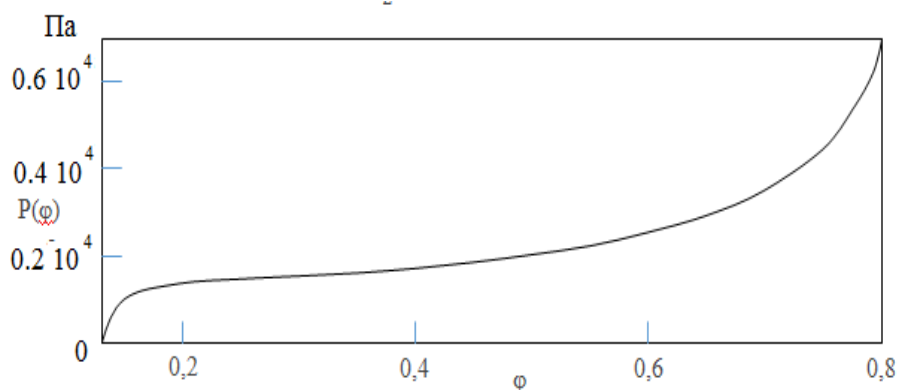


Рис.4.12. Залежність тиску від зтягувального φ кута.

Функцію $P(\varphi)$ визначено для кута φ від 0,1257 до 0,7134 рад. Вона має три ділянки відносно кута φ (рис.4.12). На першій (початок процесу) φ проходить нелінійне зменшення похідної $\frac{dP(\varphi)}{d\varphi}$ та зменшення 2 похідної $\frac{d^2P(\varphi)}{d\varphi^2}$ до 0. Друга вказує на стабільність і характерна частковим зменшенням P від $0.219 \cdot 10^4$ до $0.125 \cdot 10^4$. Третя ділянка при функції $P(\varphi)$ зменшена до 0 і збільшене похідної $\frac{dP(\varphi)}{d\varphi}$.

4.2.1. Визначення питомої потужності

Взаємодія валків з тістом грає ключову роль у визначенні оптимальної пружності тіста [3,17]. Оптимальна пружність тіста визначається співвідношенням інтенсивності стискання, які призводять до зміни товщини тіста, і реакції тіста на це стискання. Цей процес може бути складним і вимагати детального розгляду. У процесі між валками тісто піддається стисканню через дію валків. Інтенсивність цього стискання залежить від різниці у швидкості обертання валків, розміру зазору між ними та форми валків. Реакція тіста на стискання обумовлена його фізичними властивостями, такими як пружність, в'язкість, густина та інші параметри. Оптимальна пружність тіста визначається так, щоб досягти бажаних характеристик продукту [4,15]. Зазначена взаємодія між валками та тістом визначає якість та характеристики продукту, що виробляється, і важливо збалансувати параметри, щоб досягти оптимального результату. Такий аналіз допомагає виробникам удосконалювати технологічний процес та досягати бажаних характеристик своїх продуктів.

Сумарний момент опору запишемо у вигляді:

$$M = \mu \left(\frac{2m+1}{m} \right)^m \cdot \omega^m \cdot R^m \cdot L \int_{-x_1}^{x_2} \frac{(h_1 - h) \cdot |h_1 - h|^{m-1}}{h^{2m+1}} \cdot dx \text{ Н м}$$

а корисну потужність: $N = (M1 + M2) \cdot \omega$, та питомий тиск на

поверхню валка $P = \frac{M_1 + M_2}{L}$.

Корисна потужність $N(h_s, h_l)$ й тиск питомий $P(h_s, h_l)$ на поверхні валків наведено на рис. 4.13 за малої товщини тіста.

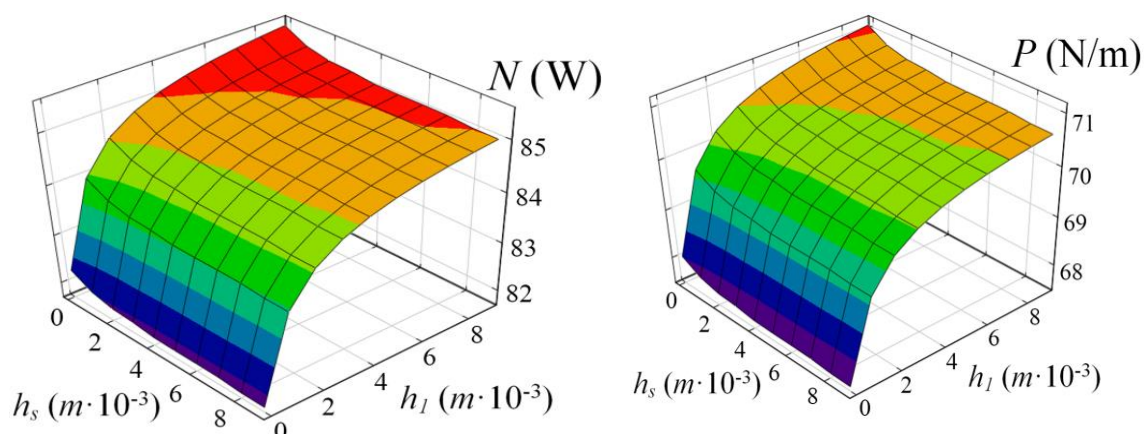


Рис.4.13. Поверхнева залежність корисної потужності N і питомого тиску P на валик від половинного зазору на вході та виході h_l

На рис.4.14. подбно залежність потужності N і тиску P , що діють на валкові поверхні за $1/2$ зазору h_s на вході та виході при більшій товщині тіста.

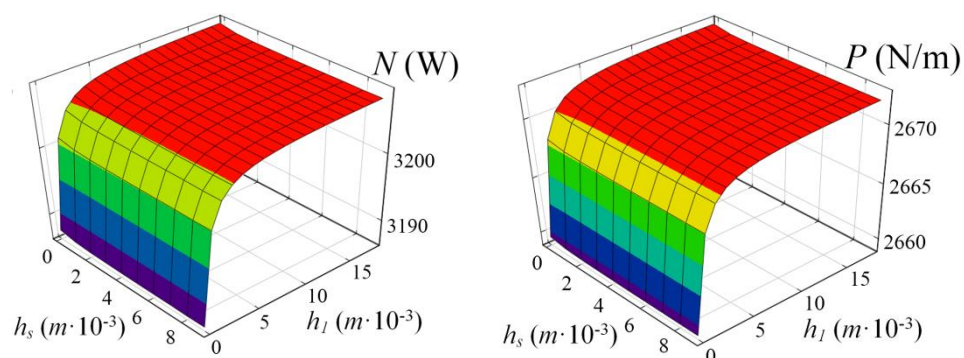


Рис.4.14. Залежність корисної потужності N і питомого тиску P

Результати підтверджують те, що основна характеристика розкачування, є реологія та конструкція. Це дозволяє об'єктивно оцінювати процес та режими при проектуванні валків.

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Основні принципи державної політики в галузі охорони праці ґрунтуються на забезпеченні координації діяльності державних органів, установ, організацій та громадських об'єднань, що вирішують різні проблеми охорони праці, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між власниками та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами при прийнятті рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях.

Згідно з Законом України "Про охорону праці", охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини під час праці.

В Україні 14 жовтня 1992 р. був прийнятий Верховною Радою Закон "Про охорону праці". Цей закон, а також "Кодекс законів про працю України" є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці - це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України. Закон "Про охорону праці" складається з преамбули та 8 розділів. Закон України "Про охорону праці" передбачає цілий ряд гарантій прав громадян на охорону праці як при укладенні трудового договору, так і під час роботи на підприємстві. Чинне законодавство передбачає систему гарантій щодо охорони здоров'я працівників на виробництві. Згідно зі ст. 43 Конституції України кожен має право на належні, безпечні й здорові умови праці. Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється.

З метою забезпечення сприятливих для здоров'я людини умов праці, високого рівня працездатності встановлюються єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів, пов'язаних з діяльністю людей. Власники і керівники підприємств, установ і організацій зобов'язані забезпечити виконання

техніки безпеки, виробничої санітарії, інших вимог охорони праці, не допускати шкідливого впливу на здоров'я людей.

При укладенні трудового договору громадянин повинен бути проінформований власником під розписку про умови праці на підприємстві, наявність на робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих чинників, про можливі наслідки їх впливу на здоров'я і про його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах.

Основним законом, що гарантує право громадян на безпечні та нешкідливі умови праці, є Конституція України. У Конституції проголошено, що громадяни України мають право на працю, яку вони вільно обирають, або на яку погоджуються.

Закон визначає основні положення конституційного права громадян на охорону життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці, а також встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань. Створення безпечних і здорових умов праці сприяє підвищенню її продуктивності та зниженню собівартості продукції.

5.1. Вимоги до безпеки при роботі з машиною ділильно-розкатувальною»

1. Вимоги безпеки під час роботи. Не залишайте робоче місце і устаткування, що обслуговується без нагляду, не довіряйте його іншій особі без дозволу начальника зміни.

1.2. Рівномірно завантажуйте машину з тістовими заготівлями, ставте їх рівно. Не допускайте посадки несправних або деформованих листів і форм із тістом.

1.3. Стежте, щоб використовувані листи і форми були без нагару, щоб уникнути його загоряння в печі.

1.4. Очищайте подики колисок від крихіток і горілого борошна спеціальними щітками тільки під час зупинки конвеєра печі і розстійної шафи, вчасно прибирайте впавшітєстові заготівлі. Відходи збираються в ємність у спеціально відведеному місці.

1.5. При влученні на форми зі здвоєними заготівлями або в інших випадках, коли виникає необхідність яких-небудь робіт на конвеєрі печі, необхідно зупинити привід, повісити табличку “Не включати! Працюють люди” і тільки після цього виконувати операцію. Категорично забороняється виконувати ці роботи на ходу, наздоганяти колиску або проникати усередину пекарної камери. Не допускається також виконувати поворотний або поступальний рух конвеєра печі вручну, підтягуючи його за ланцюги або обертаючи зірочки. Цю роботу можна виконувати за допомогою ручного приводу (вказати місце і як саме). При виниканні відмов або поломок устаткування необхідно звернутися до начальника зміни. Виконувати самому ремонтні роботи не дозволяється.

1.6. Регулювання подачі пару на зволоження робити плавно, не допускаючи великих викидів.

1.7. Контролювати технологічні параметри роботи, стежити за показаннями контрольно-вимірювальних приладів, ходом грубого конвеєра й у випадку виявлення порушень повідомити начальнику зміни.

1.8. Утримуйте робоче місце і устаткування, що обслуговується в чистоті і стежте, щоб підлога завжди була сухою і чистою. При попаданні тістових заготівель, шматків тіста або інших речовин або предметів на підлогу, негайно прибрати їх щоб уникнути падіння.

1.9. При загазованості приміщення, підвищенні температури навколишнього повітря - включи вентиляцію.

1.10. При наявності стороннього шуму, що раптово виник при роботі устаткування (появи стороннього запаху - при порушенні роботи

електродвигуна) негайно повідомте начальнику зміни. Самостійно усувати виявлені несправності забороняється.

2. Вимоги безпеки після закінчення роботи. При передачі зміни проінформувати змінника об відмовах, що мали місце, і неполадках у роботі устаткування. При зупинці машини переконатися в повному вивантаженні продукції, при припиненні подачі.

3. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях. Аварійною ситуацією є обставини, розвиток яких може призвести до серйозних поломок устаткування, руйнації будівельних конструкцій, пожежам, травмуванню або загибелі людей. Такими ситуаціями на робочому місці пекаря можуть бути:

- вибух газу, парів палива в топці, улучення газів у повітря робочої зони. У такій ситуації негайно зупинити конвеєр, включити загальнообмінну вентиляцію і по евакуаційному виході покинути приміщення;

- поява сторонніх звуків, сильна вібрація устаткування;
- розриви ланцюга конвеєра, влучення сторонніх предметів на зуби зірочок;

- поява напруги на устаткуванні - виключити конвеєр та повідомити начальнику зміни.

При сильній пожежі, яку неможливо загасити власними силами, покинути приміщення по евакуаційному виходу і знаходитися у входу в будівлю.

5.2. Розроблення заходів захисту роботи від повеней.

Гідрологічні небезпечні явища включають; високі рівні води (повені), дощові паводки, затори і зажери, дію нагонного вітру тощо.

Повінь - тимчасове затоплення значної частини суші водою в результаті піднімання рівня води у річці, озері або морі.

Залежно від причин повені природного характеру поділяють на:

- Повені, зумовлені випаданням сильних опадів або інтенсивним таненням снігу (льодовиків) у її басейні річки.

- Повені, що виникають внаслідок поєднання паводкових вод з льодоходом. Льодохід часто супроводжується заторами (нагромадження льоду в руслі ріки) або зажерами (скупчення внутрішньо водного льоду, який утворює льодяну пробку), що зумовлюють додатковий підйом води і затоплення нових територій. У разі прориву водою перешкоди може утворитися навальна хвиля, що створює небезпеку затоплення території, розташованої нижче за течією. Затори найчастіше утворюються на ріках, що течуть із півдня на північ, оскільки південні ділянки ріки звільняються від льоду раніше, ніж північні, і льодохід, що розпочався, зустрічає на своєму шляху перешкоду у вигляді льодоставу. Зажери утворюються у передльодоставний період і, за наявності незамерзаючих ділянок ріки, протягом зими.

- Повені, що виникають під дією нагонного вітру. Вони спостерігаються на морських узбережжях і на гирлових ділянках рік, що впадають у море. Нагонне повітря затримує воду в гирлі, внаслідок чого підвищується її рівень у річці. Повені такого типу спостерігались у дельті Неві, в Голландії, Англії, Німеччині та в інших регіонах земної кулі. Класичним прикладом такого типу повеней є повені в Санкт-Петербурзі (за час існування міста їх було понад 300). Найбільші повені на Неві були зафіксовані у 1824 і 1924 рр. За своїми наслідками вони наближалися до найбільших паводкових повеней і цунамі.

- Підтоплення. Причинами підтоплення є підвищення рівня ґрунтових вод унаслідок сильних опадів і несправності дренажних систем. Однією з причин підтоплення земель є гідротехнічне будівництво, що може призвести до перерозподілу річкового стоку та перекриття природних шляхів дренажу ґрунтових вод.

- Гідрологічне стихійне лихо викликане цунамі теж розглядається як різновид повеней, хоч і має причини тектонічного характеру.

Спеціалісти вважають, що людям загрожує небезпека, коли шар води досягає 1 м, а швидкість потоку перевищує 1 м/с. Підйом води на 3 м призводить до руйнування будівель та споруд.

В Україні повені є найпоширенішим стихійним лихом.

Дії під час повені на підприємстві. Коли є загроза повені, на підприємстві при необхідності зупиняється робота деяких підрозділів, цехів, відділів, а в окремих випадках і всього підприємства. У підрозділах, які тимчасово припинили роботу, виключають електроенергію, припиняють подачу пари, газу, води.

На об'єктах організують цілодобове чергування відповідальних посадових осіб, спеціалістів аварійно-технічної служби.

Для захисту від затоплення населених пунктів, господарських будівель, виробничих приміщень споруджують найпростіші захисні гідротехнічні споруди: земляні насипи, загати, греблі. Крім цього, потрібно організувати спостереження за такими спорудами. Поблизу них, на випадок просочування води, розміщують аварійні матеріали для закривання проривів і для нарощування дамб.

Розміри людських та матеріальних втрат під час повені залежить від характеру і масштабів повені, щільності населення на території, що затоплюється, відстані населених пунктів від джерела повені, характеру забудови, вартості матеріальних цінностей, розміщених на території затоплення, наявність захисних споруд, екологічно небезпечних об'єктів, пори року і доби тощо.

Важливими умовами ефективного проведення рятувальних робіт під час повені є прогнозування можливого часу виникнення і масштабів повеней, своєчасність оповіщення населення і його евакуації, організація пошуку людей на затопленій території,

чіткість проведення аварійно-рятувальних робіт, кількість рятувальних загонів їх забезпеченість спеціальними засобами та технікою і підготовленість особового складу цих формувань, своєчасність і якість надання медичної допомоги потерпілим, організація чіткої взаємодії між органами охорони здоров'я, рятувальними та іншими формуваннями, що беруть участь у ліквідації наслідків повені та наданні першої медичної допомоги потерпілим.

В умовах великого міста у разі катастрофічної повені питома вага потерпілого населення, яке потребує екстреної медичної допомоги (у % від чисельності населення), буде коливатися у теплий період року вдень від 0,02% до 2,7%, уночі - від 0,06% до 4,5%; у холодний період року - від 0,04% до 4,3% удень і до 0,08%-5,7% уночі.

При безпосередній загрозі затоплення рішенням начальника ЦО району (об'єкта) приводиться в готовність пункт управління, на якому організують чергування відповідальних посадових осіб, уточнюють завдання штабу, служб і формувань цивільної оборони.

Із виникненням загрози затоплення організують термінову евакуацію населення та матеріальних цінностей. Населенню повідомляють місця розгортання збірних евакуаційних пунктів, строки прибуття на пункти, маршрути евакуації.

Пошук людей на затопленій території та евакуацію здійснюють формування цивільної оборони, населення і, при можливості, військові підрозділи. Для цього залучаються всі плавзасоби (боти, баржі, катери, човни) тощо, можна використати підручні засоби (колоди, дошки, бочки) і спорудити плоти, переправляти людей дозволяється і у позначеному броді глибиною не більше 1 м.

Після того, як вода спала приступають до ліквідації наслідків затоплення, повені. Ці роботи передбачають: відведення води із затоплених місць та їх осушення; завалювання і прибирання

напівзруйнованих споруд, які не підлягають відновленню; відкачування води із підвальних та інших приміщень; ремонт пошкоджених водою будівель, комунально-енергетичної мережі, доріг, мостів та інших споруд; очищення затоплених ділянок, сільськогосподарських земель, угідь, території тваринницьких ферм, сільських вулиць, дворів та ін.

Висновки

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

Загальні висновки

Розробка кваліфікаційної роботи ґрунтувалася на проведеному аналізі можливостей розвитку харчової промисловості в Україні. Галуззю стала машинобудівна, зокрема харчове машинобудування. Виробництво борошняної продукції кондитерської фабрики оснащена формувальними машинами для формування бубликів. Велике значення мають технологічні схеми. Тому для виробництва бубликів на технологічній лінії завжди є машина формувально-закатувальна. Основним її робочим органом є валки, що потребують модернізацій, покращення характеристик та заміни через зношення.

Рациональний розхід тіста та його якість важливі для багатьох галузей, таких як харчова промисловість. Модернізація валків машини формувальної ґрунтується на обраному патенті № 111061 UA. Де поверхня валка

забезпечена новою зоною взаємодії із тістом, утвореною у вигляді змінних пазів. Тому для вузла – було проведено параметричні, розрахунки на міцність, гідравлічні та теплові розрахунки.

В роботі проведено взаємозв'язок не ньютонівського середовища (тіста) з обертовими валками в процесі його нагнітання у вузлі фомувальньо-закатувальної машини для бубликів. 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;
- визначено основні конструктивні характеристики валкового робочого органу.

Завдяки новим конструкторським рішенням машина ділильно-розкочувальна отримала важливі переваги та покращену продуктивність. До вагомих переваг можна віднести:

- зменшення ваги вузла формування на 10%, що дозволило змінити потребу у питомій потужності.
- споживання елергоносіїв знижено на 12% в залежності від замішаного тіста.
- дозволило знизити рівень шуму та ступінь перевантаження рухомих механізмів машини.

В результаті модернізації машина одержала зручну можливість в управлінні, обслуговуванні, що дозволило зручно та просто в експлуатації зі збільшеними показами надійності.

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. Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев. Справочник по сопротивлению материалов. – К.: Наукова думка, 1975. – 704.
3. Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисципліни “Деталі машин” (для студентів напрямку “Інженерна механіка”) / Сост.: В.Г. Нечепасев, В.П. Оніщенко, В.П. Блескун, О.В. Деркач, В.С. Ісадченко, П.М. Матеко, В.О. Голдобін. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. - 45 стор.
4. Pawel, D., Derkach, A., Stadnyk, I., Vitenko, T. 2016. Simulation of components mixing in order to determine rational parameters of working bodies. *Advances in Science and Technology Research Journal*, vol. 9, p. 130-138. <https://doi.org/10.12913/22998624/64068>
5. Пат. на кор. мод. № 113270 UA, МПК А21С 3/10 (2006.01). Узел подачи тѣста формувальної машини / І.Я Стадник, А.В. Деркач, О.І. Стадник; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя - № у 2016 06529; заявл. 15.06.2016 ; опубл. 25.01.2017, Бюл. №2, 2017 р.
6. 15. Пат. на кор. мод. № 111503 UA, МПК А21С 3/10 (2006.01). Узел подачи тѣста формувальної машини / І.Я Стадник, А.В. Деркач; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя - № у 2016 05302 ; заявл. 16.05.2016 ; опублік. 10.11.2016, Бюл. №21, 2016.
7. 16. Пат. на кор. мод. № 111061 UA, МПК А21С 3/10 (2006.01). Узел подачи тѣста формувальної машини / І.Я Стадник, А.В. Деркач, О.І. Стадник; заявник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя - № у 2016 05317 ; заявл. 16.05.2016 ; опублік. 25.10.2016, Бюл. №20, 2016.
8. Стадник, В.А. Піддубний Вдосконалення технологічного процесу та обладнання для формування виробів- 1 частина: Монографія. / Стадник

І.Я, Піддубний В.А. –Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019.-290с.

9. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Juilia Pankiv, Petro Havrylko, Halina Karpyk
RESEARCHING OF THE CONCENTRATION DISTRIBUTION OF SOLUBLE LAYERS WHEN MIXED IN THE WEIGHT CONDITION // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences vol. 13, 2019, no. 1, p. 581-592 (скопус) <https://doi.org/10.5219/1129>
10. Tetiana Vitenko^{1*}, Igor Stadnik¹, Paweł Drożdziel², Anna Rudawska
The Substantiation of the Optimal Parameters for Dough Pinning-Out Rollers
Advances in Science and Technology Research Journal/ Volume 14, Issue 1, March 2020, pages 32–4.1 <https://doi.org/10.12913/22998624/113611>