

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: «Технічне переоснащення лінії виробництва батону на хлібозаводі ТОВ «Тернопільхлібпром» з встановленням точності поділки тістових заготовок на тістоподільній машині марки А2-ХТН»

Виконав: студент VI курсу, групи МОмз-61

напряму підготовки (спеціальності)

133 «Галузеве машинобудування»

8.05030313 Обладнання переробних і

харчових виробництв

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Фік Михайло Миколайович

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н. проф. Стадник Ігор  
Яославович.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль - 2020 року

Міністерство освіти і науки УкраїниТернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Факультет інженерії машин, споруд та технологійКафедра, циклова комісія Кафедра обладнання харчових технологійОсвітньо-кваліфікаційний рівень магістр. Напрямок підготовки 6.050503 Машинобудування

(шифр і назва)

Спеціальність 8.05050313-Обладнання переробних і харчовихвиробництв (шифр і назва)**ЗАТВЕРДЖУЮ****Завідувач кафедри,****голова циклової комісії** Кафедри Обладнання харчових технологійд.т.н., професорВітенько Тетяна Миколаївна

\_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ****Фік Михайло Миколайович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Технічне переоснащення лінії виробництва батону на хлібозаводі ТОВ «Тернопільхлібпром» з встановленням точності поділки тістових заготовок на тістоподільній машині марки А2-ХТН

Керівник проекту (роботи) Стадник Ігор Ярославович – д.т.н. проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “25. 09” 2020 року № 4/7-672

Строк подання студентом проекту (роботи) “20.” 12. 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технічний паспорт та інструкції з експлуатації монтажу та технічного обслуговування і ремонту тістоподільної машини А2-ХТН4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Анотація. Вступ. Огляд літературних і патентних джерел і аналіз конструкцій машин для ділення тіста на заготовки.. Обґрунтування теорії і методів досліджень. Інформаційні аспекти побудови систем управління процесом поділки тіста на заготовки. Аналіз енергозатрат, механічних та інших чинників на процес розділення тіста на заготовки. Конструктивно-технологічне переоснащення лінії виробництва батону на «Тернопільхлібпром» з проведеними розрахунками. Структурний аналіз А2-ХТН Методика розрахунку зубчатого колеса тістоподільника А2-ХТН. Технологічний аналіз тістоподільника А2-ХТН. Кінематичний розрахунок. Енергетичний розрахунок тістоподільника А2-ХТН. Фізична модель робочої камери тістоподільної машини А2-ХТН. Модель робочої камери машини А2-ХТН з обґрунтуванням. Обґрунтування параметрів робочої камери подільника Використання статистичного моделювання у точності ділення тіста на заготовки батона. Математичний підхід визначення конструктивних параметрів нагнітальної лопаті. Визначення зміни моменту на валу лопаті. Визначення впливу крутного моменту на перевантаження електродвигуна. Вплив рівня стиснення тіста на його якість і точність ділення**6. Консультанти розділів проекту (роботи)**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ЦЗ	Стадник І.Я.		

Охорони праці	Кравець О.І.– асистент ,		
Нормоконтроль	Ворощук В.Я. – к.т.н., доцент		
1			

7. Дата видачі завдання “25.09” 2020 року .

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Вступ..Аналіз сучасного обладнання, вибір і обґрунтування основних напрямків дослідження процесу замішування. Огляд літературних і патентних джерел і аналіз конструкції тістомісильних машин і обґрунтування їх застосування в галузі. Мета і задачі дипломної роботи		
	Проектно - технологічні розрахунки з реконструкції потокової лінії по виробництву подових сортів хліба. Технологічний розрахунок машини А2-ХТН, Енергетичний розрахунок приводу. Кінематичний розрахунок.		
	Математичне моделювання процесу формування тіста. Розробка аналітичної моделі процесу. Дослідження конструктивних особливостей робочого органу при діленні. Комп'ютерне моделювання деформаційних сил, діючих на тісто.		
	Математичний підхід визначення конструктивних параметрів нагнітальної лопаті. Визначення зміни моменту на валу лопаті. Визначення впливу крутного моменту на перевантаження електродвигун. Обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів А2-ХТН.		
	Вплив рівня стискання тіста на його якість і точність ділення. Ключові підходи енергетичних перетворень при якісному розділенні тіста.		
	Розроблення заходів з охорони праці і техніки безпеки. Розроблення заходів з безпеки у надзвичайних ситуаціях. Інженерний захист персоналу на хлібозаводі та населення при надзвичайних ситуаціях. перелік посилань. додатки.		
	креслення ф.4. Загальний вигляд, модернізована робоча амера.		
	Графіки залежностей		

Студент

Фік М. М.

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_

Стадник І.Я.

## АНОТАЦІЯ

Фік Михайло Миколайович. Тема роботи: Технічне переоснащення лінії виробництва батону на ПП «Хіта» з встановленням точності поділки тістових заготовок на тістоподільній машині марки А-ХТН.

– Кваліфікаційна робота здобуття наукового магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», «Обладнання переробних і харчових виробництв» – ТНТУ імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2020.

Кваліфікаційна робота присвячена ТЕД та розробленні проектно-технологічні рішення по вдосконаленню процесів ділення тіста на заготовки при виробництві батона на хлібозаводі ТОВ «Тернопільхлібпром». Розглянуто шляхи вдосконалення тістоподільної машини марки А2-ХТН. Він ґрунтується на зміні конструкції нагнітальної лопаті.

Зроблено аналіз сучасного обладнання для ділення тіста, вибір і обґрунтування основних напрямків експериментальних досліджень процесу нагнітання тіста в робочій камері тістоділильної машини марки А2-ХТН.

Розглянуто математичні моделі процесу і алгоритм побудови математичних моделей процесу нагнітання тіста. Розроблено фізичне представлення процесу ділення у робочій камері тістоподільної машини марки А2-ХТН. Проаналізовані результати експериментальних досліджень ділення у робочій камері тістоподільної машини марки А2-ХТН, зокрема: - вплив тиску на точність ділення;- вплив форми лопаті на нагнітання тіста;- вплив форми лопаті на енергетичні затрати.

Подано розрахунки енергетичних затрат за математичною моделлю. Зроблено обґрунтування ефективності прийнятих в роботі проектно-технологічних і технічних рішень щодо покращення процесів ділення тіста на заготовки батона. Розроблені заходи з охорони праці і заходів безпеки працівників ТОВ «Тернопільхлібпром» у надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: тісто, тиск, лопать, нагнітання, розділення.

## ABSTRACT

Fik Mykhailo Mykolaiovych. Work topic: Retooling of French bread (baton) production line at PE “Khita” including the determination of division accuracy of dough pieces on the A-KhTN machine. - Qualification work for obtaining the educational qualification of Master degree of specialty 133 «Industrial Machinery Engineering». – Ternopil Ivan Puluj National Technical University. – Ternopil, 2020.

The qualification work deals with the theoretical and experimental research and development of design and technological solutions to improve the processes of the dough dividing into blanks in the bread (baton) at at PE “Khita”. Ways to improve the A-KhTN machine are considered. It is based on changing the design of the injection blade.

The analysis of the modern equipment for dough division, the choice and the substantiation of the basic directions of experimental researches of dough injection process in a working chamber of the dough-dividing machine brand A- KhTN is made.

Mathematical models of the process and the constructing mathematical models algorithm for the dough injection process are considered.

The physical model of the division process in the dough-dividing machine working chamber brand A- KhTN is developed

The results of division process research in the dough dividing machine working chamber brand A- KhTN are analysed. In particular: - the effect of pressure on the division accuracy; - the influence of the blade shape on the dough injection; - the influence of the shape of the blade on energy costs.

Energy costs according to the mathematical model are calculated.

The substantiation of efficiency of the design-technological and technical decisions accepted in work concerning improvement of the dough division processes on bread (baton) blanks is made. Measures for labour protection and safety of emergency situations at PE “Khita” have been developed.

Key words: dough, pressure, blade, injection, division.

## ЗМІСТ

Анотація

Вступ.....	
1. Аналіз сучасного обладнання для ділення тіста на занотовки .....	
1.1. Огляд літературних і патентних джерел і аналіз конструкцій машин для ділення тіста на заготовки.....	
1.2. Інформаційні аспекти побудови систем управління процесом поділки тіста на заготовки.....	
1.3. Аналіз енергозатрат, механічних та інших чинників на процес розділення тіста на заготовки .....	
1.3.1. Моделювання за пакетами прикладних програм.....	
1.4. Мета і завдання магістерської роботи.....	
2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів досліджень	
2.1. Конструктивно-технологічне переоснащення лінії виробництва батону на «Тернопільхлібпром» з проведеними розрахунками	
2.1.1. Обґрунтування технологічної схеми лінії виготовлення батона	
2.1.2. Підбір обладнання лінії батону по продуктивності	
2.2. Розрахунок конструктивних параметрів А2-ХТН	
2.2.1. Структурний аналіз А2-ХТН	
2.3. Методика розрахунку зубчатого колеса А2-ХТН	
2.3.1. Розрахунок на кручення валу А2-ХТН	
2.3.2. Лопатевий розрахунок валу нагнітання тіста	
2.3.3. Розрахунок пружини	
2.4. Технологічний аналіз тістоподільника А2-ХТН	
2.5. Кінематичний розрахунок	
2.5.1. Розрахунок січень валу	
2.6. Енергетичний розрахунок тістоподільника А2-ХТН	
3. Фізична модель РК тістоподільної машини А2-ХТН	
3.1. Розгляд застосування моделювання	
3.1. Модель робочої камери машини А2-ХТН з обґрунтуванням	
3.3. Математичне моделювання нагнітання тіста у тістоділильну головку	

- 3.3.1. Обґрунтування параметрів РК подільника
- 3.3.2. Технічні характеристики та розрахунок робочого процесу модернізованої машини А2-ХТН
- 3.3.3. Використання статистичного моделювання у точності ділення тіста на заготовки батона
- 3.4. Енергетичні втрати при діленні тіста на заготовки батона
- 3.5. Вплив геометричних параметрів лопатевого вузла на процес поділки тіста
- 4. Математичний підхід визначення КПНЛ
  - 4.1. Визначення зміни моменту на валу лопаті
  - 4.2. Визначення впливу крутного моменту на перевантаження електродвигуна
  - 4.3. Обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів А2-ХТН
    - 4.3.1. Вплив рівня стискання тіста на його якість і точність ділення
  - 4.4. Ключові підходи енергетичних перетворень при якісному розділенні тіста
- 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
  - 5.1. Заходи з охорони праці при виробництві батонів на ТОВ «Тенопільхлібпром»
  - 5.2. Заходи захисту працівників на ТОВ «Тенопільхлібпром».....
- Висновки .....
- Перелік посилань.....
- Додатки

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Тістоділильна машина встановлена в комплексно-механізовані лінії з виготовлення хліба та макаронних виробів. Вона виконує функції на підвищення продуктивності лінії та ефективності виробничих процесів. Як люба машина крім позитивних характеристик є і недоліки. Головним недоліком в даній роботі розглядається обмежена можливість при поділі інших сортів тіста. Вплив лопаті на поділку відбувається за адгезійних властивостей тіста. Тому конструктивні параметри НЛ спрямована на дослідження та удосконалення. Звідси актуальним в роботі є розроблення з дослідженням конструкції лопаті.

**Зв'язок роботи з програмою.** Поданий матеріал визначає основні положення магістерської роботи. Він відповідає науковому напрямку кафедри в дослідженнях ТНТУ імені Івана Пулюя. Виконаний на кафедрі ОХ.

**Завдання досліджень.** *Метою роботи залишається і визначається* ефективність поділки тіста при удосконаленні конструктивних особливостей нагнітальної лопаті з обґрунтування параметрів впливу тиску на процес.

При досягненні магістерської роботи вирішено завдання:

- провести аналіз конструкцій такого класу машин та розробити передумови проектування лопаті;
- провести дослідження течії рідини в РК при дії нової лопаті;
- обґрунтувати питому роботу математично;
- дослідити реологічні властивості тіста на експериментальній установці
- визначити вплив тиску на процес.

**Об'єкт дослідження** – поділка тіста на заготовки.

**Предмет дослідження** – зв'язок конструктивних параметрів із процесом.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження проведено з використанням методів моделювання, механіки, теорії машин і механізмів, конструювання деталей машин. Обробку матеріалів проведено методом комп'ютерного моделювання. Результати роботи отримано за допомогою сучасних засобів та методів при використанні математичного планування експерименту.



Статистичну обробку експериментальних даних проведено прикладними програми для ПЕОМ.

**Наукова новизна отриманих результатів:** проведено модернізацію НЛ РК тістоподільної машини, спрямованої на визначення впливу руху лопаті та її кута на процес;

- уточнено визначення питомої роботи;

- встановлено режими впливу тиску на тісто із урахуванням його швидкості руху.

**Практичне значення отриманих результатів.** Технічна новизна знайшла використання в навчальному процесі для викладання дисципліни «Технологічне обладнання хлібопекарських та бродильних виробництв».

**Особистий внесок здобувача.** Проведено обґрунтування конструктивних параметрів лопаті та параметрів тиску, та крутного моменту, та реологічні характеристики.

**Апробація результатів дисертації.** Роботу розглядали на кафедрі «ОХ».

**Публікації.** Опубліковано тези. Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій- Тернопіль 28-29 листопада 2020р.см. Тернопіль. ТНТУ імені Івана Пулюя,2020.с7-8.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків і додатків. Роботу викладено на сторінках, вона містить рисунків, таблиць , а також додатки. Список літератури включає 21 найменування. Загальний обсяг становить сторінок.

## Перелік умовних позначень

ТЕД-теоретичним і експериментальним дослідженням

КПНЛ-конструктивних параметрів нагнітальної лопаті

АРМЗ-автоматичного регулювання обчислювальних математичних задач

НТ- нагнітання тіста;

НЛ –нагнітаюча лопать;

ТМ-тістоподільна машини;

ПРТ-процес розділення тіста;

**ОФД-** Об'єкти фізичних досліджень

ПН-поршневим нагнітачем ;

РО-робочий орган;

РК-робоча камера;

РКТМ-робочій камері тістоподільної машини

ПК-профілюючого каналу

КС-камера стискання

$d$  – діаметр частинки,  $m$ ;

$M_0, M$  – момент;

$T$  – температура,  $^{\circ}C$ ;

$V$  – об'єм,  $m^3$ ;

## **1. Аналіз сучасного обладнання для ділення тіста на заготовки**

### **1.1. Огляд літератури та патентів із аналізом конструкцій для ділення на заготовки тіста**

Недоліком тістоділильної машини є недостатня точність і мала продуктивність (патент № 175455) [1]. Дані недоліки усуваються шляхом зміни конструкції. Прикладом з рисунку 1.1 зображено схематично загальний вигляд тістоділителя. ; на рисунку 1.2 пристрій повороту ділильної головки. Така схема дозволяє у порівнянні з відомими підвищити точність ділення та продуктивність машини. Досягається шляхом закріплення на кільці пальців шайби з вільно надягнутому на маточину. Це служить для виключення повороту кільця з пальцями. Щодо шайби, на ній укріплені гумові упори. Механізм повороту шайби виконаний у вигляді нескінченного ланцюга з упорами, взаємодіючими з пальцями шайби.

Крім того, для пом'якшення ударів упорів нескінченного ланцюга по пальцям шайби на останніх закріплені гумові амортизатори. Недоліком тістоділителя «Кузбаз» недостатня точність розважування штучного тіста-хліба (патент № 155744) [2].

Такі недоліки можна усунути шляхом зміни конструкції машини. На рисунку 1.1 зображено загальний вигляд тістоділителя «Кузбаз» із частковим розрізом; на рисунку 1.2 - поперечний розріз тістоділителя; на рисунку 1.3 - ділильний барабан; на рисунку. 4 - розподільна муфта. Пропонована конструкція тістоділителя в порівнянні з відомими, дозволяє підвищити точність розважування заготовки штучного хліба.

Ділильний барабан забезпечений наскрізною кишенею діаметрально розташованою. Вільно переміщується поршень при періодичнім обертанні ділильного барабану, при заповненні кишені тістом. На валу барабана встановлено кулачкова муфта розподільна.

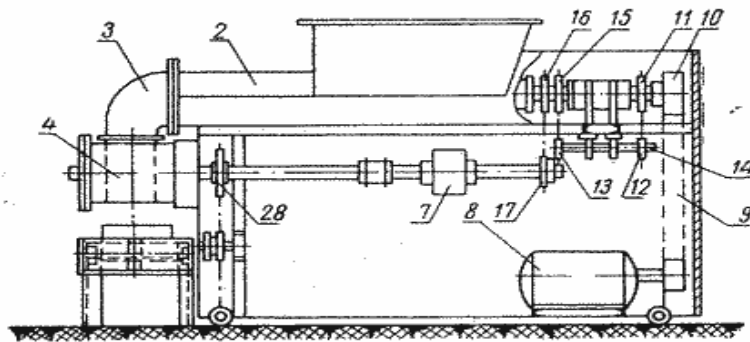


Рис. 1.1. Загальний вигляд тістоділителя «Кузбас»

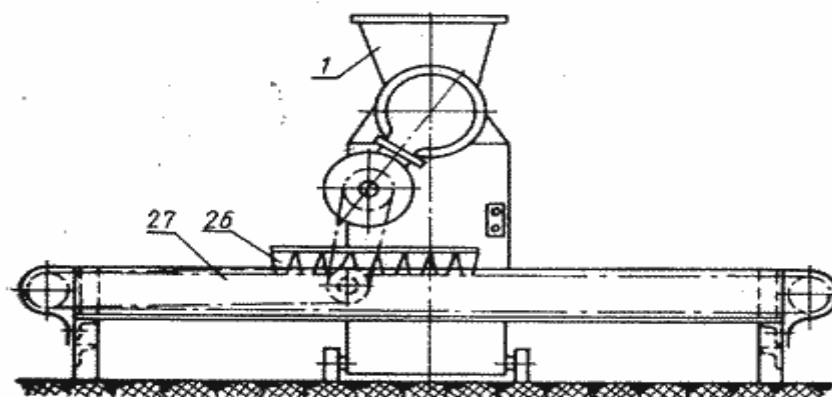


Рис. 1.2. Поперечний розріз тістоділителя

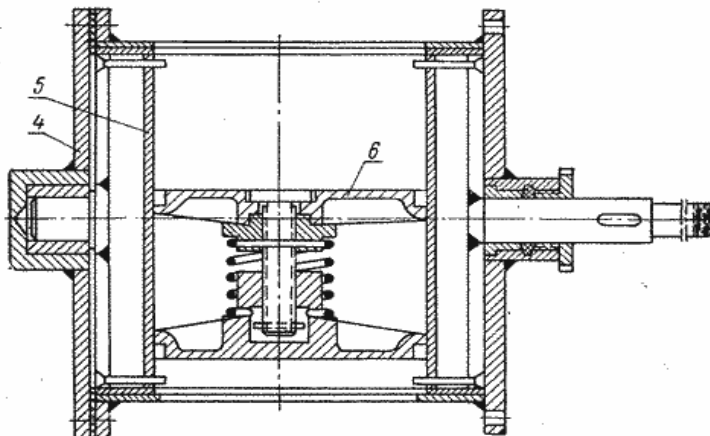


Рис.1. 3 - Ділильний барабан

Тістоділитель має приймальний бункер 1, робочу камеру 2 з обертовим шнеком та перехідним патрубком 3. Також ділильний барабан 4. Він забезпечений розташованою кишенею 5 діаметрально. В ній поршень 6 вільно переміщається. Переміщення відбувається під дією тіста, що поступає з обох сторін.

На валу барабана 4 встановлено кулачкова розподільна муфта 7. Вона допомагає барабану 4 обертатися періодично. За період вистоювання

проходить заповнення кишені 5 тістом. Привід машини здійснюється від електродвигуна 8. Він передає обертання через ремінну передачу 9 шківу 10. На якому жорстко посаджена зірочка 11. Від зірочки 11 при ланцюговій передачі 12 і 13 та проміжного валк 14, а також блок зірочок 15 і 16 приводиться в рух шнек 2.

Ділильний барабан 4 отримує періодичне обертання завдяки кулачковій розподільній муфті 7. Вона приводиться в рух від безперервно обертаючої зірочки 16 через зірочку 17.

Безперервне обертання в періодичне здійснюється автоматично. Проходить за допомогою кільцеподібної направляючої 18. Вона прикріплена в кришці 19, і кулачкової втулки 20 з роликом. Ролик прикріплений на втулці і знаходяться в площині, перпендикулярній площині розрізу (на кресленні ролик не показаний). Кулачкова втулка 20 ковзає по безперервно обертаючому шлицевому валу 21 під дією пружини 22. При обертанні вала 21, прикріплений ролик до кулачкової втулки 20 ковзає по направляючій 18. Відповідно пересуває втулку 20 вліво, при цьому стискає пружину 22. Кулачки втулки 20 виходять із зачеплення з роликами 23. Вони прикріплені за допомогою пальців 24 на валу 25. Протягом півоберту вал 25 з'єднаний з валом ділильного барабана 4. Коли виходить із зачеплення, то не обертається. Відповідно шматок тіста виштовхується з барабана 4 в хлібну форму 26. Нагнітається наступна порція тіста, а муфта здійснює холостий півоберт.

Протягом наступного півоберту стиснута пружина 22 віджимає втулку 20 і вводить її в зачеплення з роликами 23. Вал 25, з'єднаний з валом ділильного барабана, повертає її на 180 °. Після повернення кулачкової втулки у вихідне положення цикл повторюється. Транспортёр 27 переміщення форми 26. отримує періодичний рух за допомогою ланцюгової передачі від зірочки 28. Зірочка закреслена на валу ділильного барабана. Таким чином, рух транспортера строго синхронізоване з обертанням ділильного барабана. Тісто надходить у прийомну воронку 1 і шнеком тістової камери 2 нагнітається в кишені 5 ділильного барабана 4, що знаходиться в цей час в стані спокою. При цьому поршень 6 опускається і виштовхує з раніше заповненої частини кишені

5 шматок тіста в хлібну форму 26, встановлену на ланцюговому транспортері 27.

При повороті ділильного барабана на  $180^\circ$  транспортер 27 переміщується на один крок, що дорівнює ширині форми 26. Порожні форми підводяться під ділильний барабан 4, а завантажені відводяться від тістодільника.

Недоліком поршнево ділильної машини є недостатня точність і мала продуктивність (патент №70940) [4]. Пропонована конструкція тістодільителя в порівнянні з відомими, дозволяє підвищити точність ділення тіста і продуктивність машини. Це досягається при допомозі ділильного барабану укладеного в равликopodobний бункер для тіста. Він має забезпечення радіальними формами-циліндра. Один напрямком тиску тіста впливає на поршні-виштовхувачі. Приводяться в дію - нерухомим кулачком, що закріплені на осі барабана.

Барабан 1 машини забезпечений по окружності формами 2 поршнями-виштовхувачами 3. Він складається з двох змонтованих у спільному валу 4 барабанів з чотирма формами в кожному. Укладений 8 кожух равликopodobної форми нагнітається тісто з бункера 5. Кожух має днище 6 між двома боковинами, встановленими на станині 7. У нижній частині кожуха є борт 8, призначений для затримання тіста в кінці його нагнітання в циліндричні форми 2, і вкладишем 9, регульованими відповідно болтами 11 і 10 на планках 13 і 12. До днища кожуха кріпиться клин, що розділяє тісто на два потоки по числу барабанів.

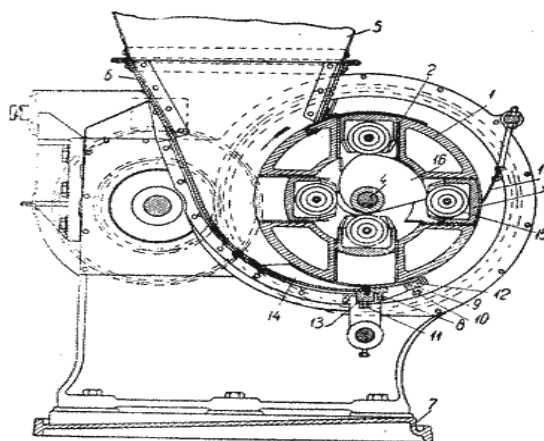
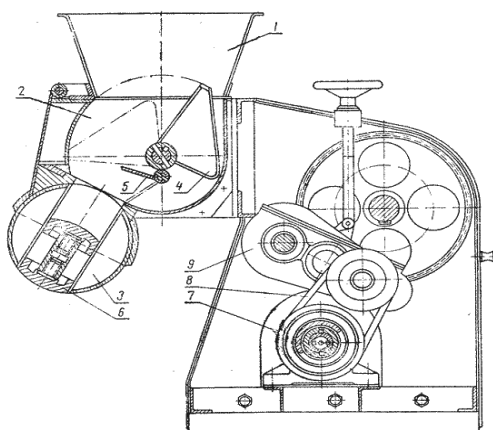


Рисунок. 1.4. Поздовжній розріз пропонованої машини

Тістоділитель працює таким чином. Подаване з бункера 5 в горловину кожуха тісто обертовим барабаном 1 захоплюється вниз, де нижній шар його загальмовується днищем 6 кожуха. В результаті створюваного тістом тиску поршні 3 разом з тістом вдавлюються всередину циліндричних форм 2 і роликками 15 притискаються до кулачків 16. При подальшому обертанні барабана / поршні 3 виштовхуються кулачками і видавлюють з циліндричних форм 2 тісто, яке зрізається ножом 17 і поступає на транспортер.

Недоліком тістоділильної машини є недостатня точність ділення тіста на шматки по об'ємній вазі (патент №141110) [5]. Такі недоліки можна усунути шляхом зміни конструкції машини. Наприклад на рис.1.5. схематично зображена машина вид збоку з чистящими розрізами; на рисунках. 2, 3, 4, 5, 6, 7 і 8 - такти роботи машини. Пропонована конструкція тістоподільної машини дозволяє підвищити точність ділення тіста на шматки по об'ємній вазі шляхом ущільнення тіста під тиском постійного значення у тістовій камері. Це досягається тим, що в тістовій камері змонтовано нагнітальний пристрій, утворений з лопаті і клапана, що вчиняють узгоджені накачувальні рухи. Тістоделнтель складається з живильника воронки, тістової камери, ділильної головки, виконаної у вигляді обертової пробки з наскрізним каналом, всередині якого розміщено плаваючий поршень, забезпечені стабілізатором тиску.



Рису. 1.5. Тістоділильна машина, вид з боку

У нижній частині живильної воронки 1 встановлена тістова камера 2 з ділильною головкою 3. У середині тістової камери встановлені лопать 4 і

запірний клапан 5, які вчиняють узгоджені накачувальні рухи. Ділильна головка 3 однокамерна з плаваючим пересувним поршнем 6. Поворот головки здійснюється відповідно до тактів машини від головного приводу. Машина має індивідуальний привід від електродвигуна 7 через клиноремений варіатор 8 і редуктор 9. На виході редуктора встановлений кривошипний механізм повороту лопаті з гідравлічним стабілізатором тиску, кулачковий механізм повороту клапана 5 і мальтійський механізм повороту ділильної головки (на кресленні не наведено).

Тістоділитель працює таким чином. Протягом робочого циклу лопать і клапан послідовно займають наступні положення. При подачі тіста лопать знаходиться в крайньому положенні, відкриваючи доступ тісту в камеру, клапан при цьому закритий. Нагнітання тіста здійснюється при закритому клапані лопаттю, яка, перекривши частину бункера, перепускає тісто в порожнину камери, що знаходиться за лопаттю. Одночасно починається підйом тиску в тістовій камері і заповнення об'єму ділильної головки. Досягнувши крайнього лівого положення, лопать зупиняється. Коли в тістовій камері створений тиск, автоматично доведений до певного постійного значення за допомогою стабілізатора, раніше відміряна порція витісняється на транспортер. Після деякої витримки ділильна головка повертається, відсікаючи відміряну порцію тіста. У цей час відкривається клапан, лопать починає повернення у вихідне положення. Під лопаттю утворюється вакуум. Завдяки вакууму тісто засмоктується в робочий простір. Сприяє вплив тильного боку лопаті, що подає при повороті тісто в праву порожнину. Тісто надходить у робочий простір при відкритому клапані поки лопать не підійде до живильної воронки.

Повернення лопаті у вихідне положення- клапан закриється (рис. 1.7), Камера заповниться тістом, починається наступний цикл. Науково-дослідний інститут хліба відзначає здатність машини та рекомендує для подальшої розробки.

Тістомашина з ПН поширена та забезпечує точність ділення. В цих машинах кінець нагнітального процесу має значний тиск на тісто. Для забезпечення стабільного тиску із захистом вузлів машини від перевантажень



встановлюється стабілізатор тиску. Він встановлений в механізмі нагнітання. А в КН (камері нагнітання) передбачено повернення надлишку тіста в прийомну лійку. Хід поршня є таким, що витіснений ним обсяг тіста є дещо більше обсягу мірних кишень. При цьому нагнітальний поршень під час робочого ходу повинен здійснювати частину своєї траєкторії при відкритій заслінці. Надлишок тіста виштовхувався з КН в прийомну лійку.

Машина працює таким чином. Тісто 2 поступає у прийомну лійку 1. Після цього в камеру нагнітання 40. За цей період заслінка 38 та нагнітальний поршень є в крайньому лівому положенні. Після заслінка та поршень рухаються вправо. При цьому заслінка випереджає поршень. Вона відсікає нагнітальну камеру від прийомної воронки. При дії поршня, тісто в КН стискається до робочого тиску 0,10, .. 0,15 МПа. Ділильна головка 3 піднімається у крайнє верхнє положення. При цьому МК 4 ділильної головки з'єднується з КН. Переміщення тіста в мірну кишень зрушує дозувальний поршень 5 в праве положення ролика 6 в опору 7. Після ділильна головка опускається вниз. При крайнім нижнім положенні, дозувальний поршень виштовхує масу тіста 12 з МК(мірної кишени). Тісто попадає на рухомий стрічковий конвеєр 27. Необхідну масу шматка тіста досягається механізмом регулювання.

Тістоподільна машина А2-ХПО / 5 з поршнеvim нагнітачем і ділильної головою приведена на рисунку 1.6.

Маховичок 21 вручну обертають гвинт 22. Він не може переміщатися в осьовому напрямку. При цьому гайка 20 зі стрілкою 24 зміщується в осьовому напрямку. Зміщення проходить до тих пір, поки стрілка займе необхідного положення на шкалі 25. При нагнітанні тіста в МК, тиск на тісто заставляє опору 7 та ролик 9 котитися по нерухомій направляючій. Важіль 8 штанга 11 і важіль 28 переміщаються вправо до пір, поки упор 23 важеля 28 не торкнеться нерухомої гайки 20. Кожний заданий момент положення гайки відповідає обсяг МК мірної кишени. Зміщення важеля 28 вправо сприяє пружина 17. Жорстко пов'язана з гайкою опора не дає обертатися гайці 20 навколо осі гвинта 22.

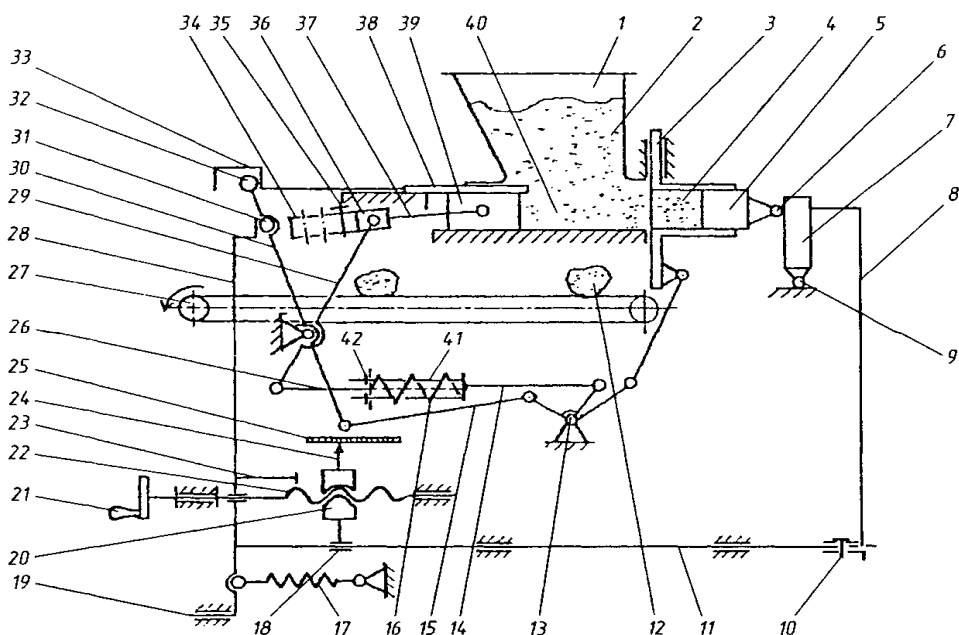


Рис. 1.6. Тістоподільна машина А2-ХПО / 5 з поршневым нагнітачем і ділильною головкою

Привід робочих органів з обертовим колінчастим валом 13 з трьома коліна (НП(нагнітального поршня), заслінки, ділильної головки) здійснюється безперервно. Через шатун 15 з роликком 32 хитного важеля 30 та скоби 33 проходить зворотно-поступальний рух заслінки 38. Через важелі 14 і 26 друге коліно та замкнуті пружиною 16 стабілізатора тиску 41, дає коливальний рух важелю 29. Важіль через повзун 36 та кулісу 34 з важелем 37 дає зворотно-поступальний рух нагнітальному поршню 39. Регулювання пружин для стабілізатора тиску проходить гайками 42. Третє коліно валу колінчастого підтримує зворотно-поступальний рух ділильної головки.

Виштовхується шматок тіста з МК відбувається проти годинникової стрілки при повороті хитного важеля 30. Ролик 31 цього важеля зміщується важелем 28 вліво. Це змушує дозуючий поршень 5 рухатися вліво та виштовхувати шматок тіста із МК. При переміщенні зворотно-поступальному, важеля 28 ковзає по опорі 19.

Конструкція механізму дозволяє нагнітальному поршню в ступінчастім регулюванні ходу поршня 39. Відбувається і досягається при перестановці

пальця 35 в отвори куліси 34. Зміна ходу поршня змінюється масою тіста, яка заповнює КН. Це змінює ступінь стиснення і величину тиску на масу тіста. Так відбувається в кінці процесу нагнітання. При чищенні кишені подільної головки виймається палець 10. Потім важіль 8 разом з опорою 7 знімають штанги 17 і виймають дозувальний поршень 5.

*Тістоділитель РТ-2 з валковим нагнітачем* (рис.1.7) служить для виробництва батонovidних виробів.

Тістоділитель має основу 2 з приводом 7 та станину 3. Привідний вал 4, приймальні воронки 5 з нагнітальними валками. Ділильний барабан 6 з механізмом регулювання маси шматка тіста та виштовхувачем 7. Також є скидаючий валик 8 з розвантажувальним стрічковим конвеєром 9. До основи 2 зверху нерозємно встановлено несучу плиту для кріплення станини. Всередині знаходиться на рухомій регулючій плиті редуктор і електродвигун. На двох радіально-упорних підшипниках всередині станини 3 з двох сторін встановлено привідний вал 4. Приймальна воронка це: тістова камера з одною парою нагнітальних валків; перехідний патрубок.

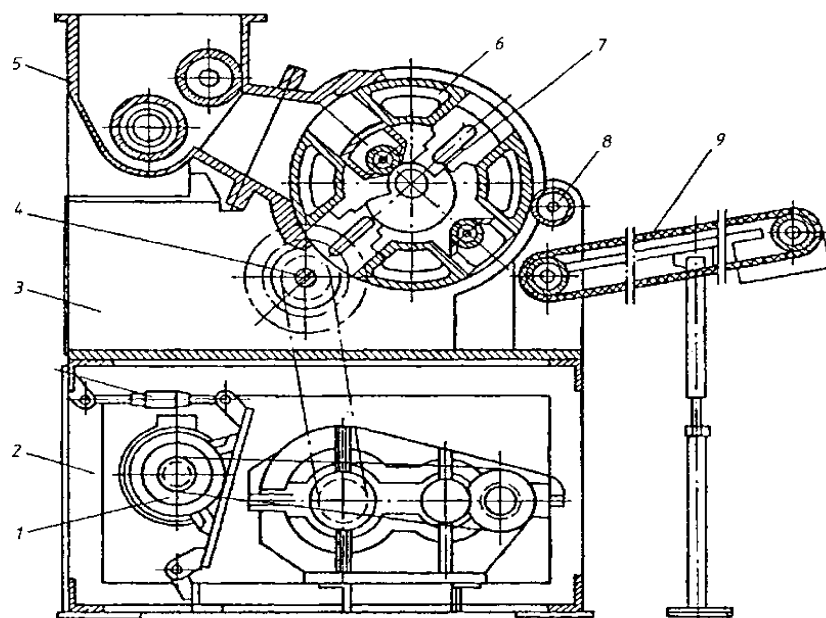


Рис.1.7. Тістоділитель РТ-2 з валковим нагнітачем

Чотири розташовані радіально мірні кишені ділильного барабану 6 з діаметром 125 мм мають у середині поршень, що переміщається. Поршень

оснащений пальцями і роликками. Обмеження ходу із запобіганням повороту служить прорізаний паз на поршні. Його кріплення за спеціальним болтом. Фланець барабана має прикріплено зубчасте колесо, що надає барабану рух від приводного валу. Механізм виштовхування шматків тіста 7 з регулювання їх маси складається з виштовхувального кулака. Він закріплений до центрального пустотілого валу з фланцем. Один кінець розміщено у підшипнику кочення, а другий встановлено та закріплено на кришці кулака. Це дозволяє регулювати масу шматків тіста та механізм повороту кулачка при регулюванні.

Машини привід 1 здійснюється від електродвигуна через варіатор на якому шків через клинові ремені передає оберти на редуктор. Він за допомогою ланцюгових передач - на привідний вал 4 та робочі органи діляника. До них входять: нагнітальні валки, діляльний барабан 6, привід барабана стрічкового конвеєра 9 і валик 8. Тісто поступає з бункера, який змонтовано над поділяником. Тісто тече в прийомну лійку з нагнітальними валками. Вони подають тісто в камеру перехідного патрубку для заповнення кишені. Під тиском тіста поршні рухаються до діляльного барабана. Там зустрічаються з роликками кулачкового регулювання маси. З подальшим обертанням барабану роликки поршнів рухаються по профілю кулачка. В результаті тісто ущільнюється до моменту, коли отвір мірної кишені займе положення козирка перехідного патрубку.

Поршні змінюють положення в сторону зовнішньої поверхні діляльного барабана. Це призводить до виштовхування відміряної заготовки з мірної кишені на валик. Із нього заготовка тіста поступає на транспортерну стрічку конвеєра.

*Тістоділитель РЗ-ХДП з валковим нагнітачем* (рис. 1.8) служить для ділення тіста на дрібноштучні вироби з борошна вищого сорту.

Машина працює так. Тісто з воронки рифленими валками 9 подається в камеру 13. Рифлені валки обертаються назустріч один одному. Їх обертання спонукає течію тіста в нагнітальну мірну камеру з обертовою головкою 15. Під тиском тіста поршень 16 пересувається в центр діляльної головки. Поршень 20 витискає відміряну заготовку з мірної камери.



Основними недоліками є регулювання зміни подачі тіста та відсутність стабілізатора тиску в РК дільника. Переваги: простота конструкції; надійність в роботі; якісний вплив на структуру тіста.

## **1.2. Інформаційні аспекти побудови систем управління процесом поділки тіста на заготовки**

Динаміка функціонування складних систем та її розроблення з впровадження, є з найбільш складних проблем. До цієї проблеми і належать тістоділильні машини. Однозначно всі вже відомі підходи до поділення тіста на заготовки відносяться до складних інформаційних систем. В інтегрованому інформаційному середовищі поділка на заготовки тіста є одним із фундаментальних понять. Фундаментальні поняття - є реологічна модель.

Будь – який технологічний процес управління спрямований на прийняття рішень. Вони базується на інформації із різних джерел. Дана інформація має цілком заснованою на даних. Дані інформації, як первинний рівень інформації. Враховуючи велику кількість даних, необхідно визначити наступне:

- які дані процесу піддаються вимірюванню;
- наскільки вони є суттєвими;
- яким чином та як вони між собою пов'язані;
- наскільки достовірні джерела отримання цих даних.

Організація роботи з даними вимагає вирішення ряду питань:

- визначити найголовніші пріоритети;
- як мають збиратися і зберігатися дані;
- як мають бути проаналізовані;
- як буде прийматися рішення;
- як буде контролюватися виконання рішень
- проведення аналізуватися і їх наслідки;
- яким чином закріплені успішні рішення.

Дане комплексне вирішення питання потребує всієї необхідної сукупності інформаційних зв'язків. Цьому слугує інформаційна модель процесу. За базовими принципами: формулювання мети; суб'єкт моделювання; одна точка

зору. Після отримання моделі майбутньої системи провести процес перетворення даних у інформацію. Тому вживана та перспективна група є статистичні методи. Вони умовно розподілені на прості та методи математичної статистики, що пов'язано із:

- ускладненням технологій та кількістю контрольованих параметрів з їх мінливістю;

- вимог до якості поділу тіста на заготовки

- вимог виробництва хлібобулочних виробів;

- поширення комп'ютерів та комп'ютерних технологій;

- обробкою та оформленням великої кількості інформації;

- змінами сутності технологій, процесів та обладнання;

- перетворення інформації ефективної обробки із аналізом потоку інформацій.

Різноманітні методів, механізми та технології при визначеності загальних принципів та цілей спрямовані на покращення якості, що є головним принципом успіху їх втілення. В хлібопекарській промисловості впливовим фактором є скорочення тривалості процесу. Сюди також головним чином є покращення якості і зменшення технологічних затрат борошна. Тому вплив механічної обробки тіста при його розділенні відіграє значну роль. Це підтверджується великою кількістю досліджень наших і заграничних вчених. Одночасно з цим сповільнюється відсутністю більш інноваційних тістоділильних машин. Їх дія має забезпечити інтенсивну механічну обробку тіста.

Проведений інформаційний аналіз в першому параграфі з порівняльною оцінкою схем машин та способів розділення тіста на заготовки відносно простоти машинно-апаратного оформлення. Такий підхід створює можливість з напрямками встановлення факторів у визначенні раціонального використання різних способів і схем. Це дозволяє зробити компоновку та оформлення тістоділильних машин різних типів. В апаратному оформленні процесу мало висвітлені питання вибору схем машин. У раціонального

конструктивного оформлення РО із вибором оптимальних швидкостей руху також є досить мало інформації.

Сформована ситуація в хлібопекарській галузі дозволяє випробовувати сучасні тістоділильні машини виробників. Виробники спрямовують на забезпечення: роботи машин з тістом вологістю 40-45%;

- встановлення на підприємствах в технологічні схеми;
- простоту обслуговування;
- надійність роботи та обслуговування.

Виробництво вітчизняних технологій хлібобулочних виробів та рекомендацій створення обладнання механізованого виробництва, є актуальними для галузі.

Пристаючи до модернізації тістоділильної машини з урахуванням викладених вимог, необхідно прийняти ряд принципових рішень по її конструкції. Після аналізу кращих сучасних машинних зразків та із сучасних принципів машинобудування, необхідно передбачити нове конструктивне рішення. Виконання та розвиток умов стає запорукою успішності функціонування технології інтенсивності набрякання білків. Основою стає утворення клейковини при умові не травмування її при механічному впливі під час розділення тіста. Дані параметри взаємопов'язані із структурно-механічними властивостями напівфабрикатів. Тому впливають на рецептурний склад та технологію приготування. Вони характеризуються, головним чином, послідовними операціями. Ефект операції визначається і встановлюється власне результатом впливу на весь процес.

### **1.3 Аналіз енергозатрат, механічних та інших чинників на процес розділення тіста на заготовки**

Сьогодні ринок Європи і України експлуатує різне технологічне обладнання для розділення тіста. Дане обладнання з різним конструктивним оформленням. Відмічено в працях Лісовенка О.Т. про те, що при розділенні тіста кращі показники при пониженій частині обертання НЛ. В управлінні процесом структуроутворення тіста вагоме значення належить механічним



впливам. Форми інтенсивності в значній мірі визначають і будуть визначати умови проведення технологічного процесу. Тому кінетику утворення структури тіста практично розглядають всі винахідники. Інакше кажучи, необхідно зробити розробку принципово нових методів процесу. При цьому деформації тіста присутні розтягування, стиснення, зсув, кручення. Усі ці процеси витікають із основ фізико-хімічної механіки. Головним в цій системі залишається додержання основних вимог якості тіста. Якість тіста має бути із заданими властивостями при мінімальних витратах періоду деформації. В машині однозначно має бути реалізовано приведені параметри механічного впливу. Вони повинні забезпечити допустиме руйнування структури. Починаючи з початкових стадій в об'ємі тіста при максимальній однорідності розподілу фаз процесу структуроутворення. Перевищення цього в тривалості призводить негативний вплив на консистенцію тіста. Виникає збільшення прилипання до робочих органів та стінок робочої камери.

Багато винахідників відзначають вплив частоти обертання РЛ при розділенні тіста на заготовки і якість готової продукції [4]. При цих стадіях існує критичне значення обертання з витраченою енергією. Критичним рівнем витрат енергії є значення, при якому заготовки отримують максимум значень консистенції тіста. Критична швидкість є частота обертання НЛ при досягненні оптимуму питомої роботи. При цьому заготовки мають вплинути на отримання хліб найвищої якості.

Часто приймаються помилкові технічні рішення, так як при інтенсивній деформації тіста РО затрачувана енергія розділяється по двох напрямках. Витрати зовнішнього тертя РО в стінки камери. Це супроводжується виділенням тепла. Відповідно це негативно впливає на технологічний процес. Знижується якість тіста [4-8].

Відношення корисних і шкідливих витрат здебільшого конструкцією НЛ робочого циклу. Маса тіста повертається з РК в приймальну лійку. Зростання об'єму призводить до збільшення навантаження на машину. Ущільнення і послаблення структури заготовки. При модернізації конструкції існуючої машини враховується енергетичні аспекти процесу. Зниження енергомісткості.

Міра механічної дії розділення тіста на заготовки впливає на фізичні властивості і дозрівання в процесі вистоювання. Зрештою впливає на якість виробів. Тому розмір механічної дії на тісто повинен дотримуватися в встановлених межах. Величину прийнято питоною витратою енергії [2-15].

$$A_n = \frac{\int_0^{\tau} P(\tau) d\tau}{m}, \quad (1.1)$$

де  $P(\tau)$  – зміни потужності по валу тістоділильної машини;

$m$  – маса тіста у РК машини.

Оптимальна питома робота при розділенні тіста залежить від ряду чинників: сорту і властивостей борошна, рецептури тіста; способу приготування тіста; бродіння; виду хліба і хлібобулочних виробів. Вимог висунутих до пористості м'якуша.

Ряд дослідників (Р.В. Кузьмінський, Г.Ф. Козлов, В.Е.Немировський) вважають, що величина питокої роботи не дає достатнього уявлення про технологічні аспекти процесу. Механічна дія нагнітання тіста під час розділення за питомими втратами енергії - недосконала. Вони пропонують враховувати коефіцієнти корисної дії. Вони залежать від конструктивних особливостей та частоти обертання НЛ. Тому завдання полягає в конструктивних параметрах тістоділильних машин. Вони спрямовані на затрати мінімуму енергії для забезпечення бажаного ефекту.

### **1.3.1. Моделювання за пакетами прикладних програм**

Сьогодні процес математичного і комп'ютерного моделювання реалізується різними програмами. Програмні засоби та середовища (MathCAD, Mat Lab, Mathematic, Maple, Derive, VisSim, Gepiis й інші) відчутно допомагають у моделюванні. Їх також використовують як звичайний калькулятор. Засіб спрощення символів при розв'язку різного типу математичних задач.

Знаючи одну з мов програмування (C++, Java, Pascal, Fortran, Prolog та іншими), можна самому створити програму для реалізації на ПК алгоритму задачі. Проте, як правило, на програмування і скорочення часу використовуються вище згадані програмні пакети. Ефективне застосування

обчислювальної техніки реально допоможе у вирішенні деякої проблем, яка знаходиться на шляху цього рішення.

Використання програмної системи Matlab в АРОМЗ, ефективним є предметно-орієнтованих бібліотек (toolbox). Також візуальним моделювання Simulink. У системі MatLab існують широкі можливості програмування. Бібліотека C Math (компілятор MatLab) містить більше 300 процедур оброблення відомих мовою C. В пакеті також використовується як процедура MatLab і також стандартні мови C. Відповідно інструмент є могутнішою допомогою у розробці додатків.

Серед бібліотек MatLab також є System Identification Toolbox – пакет заходів створення математичної моделі системи. Це засновано на спостереженні дослідних даних. Особливість інструменту полягає у гнучкій можливості користуватися інтерфейсом. Відповідно дозволяє розробити та організувати дані й моделі.

Використання в даній роботі математичних обчислень проводили при допомозі MatLab. Його доступ сприяє до великої кількості підпрограм в бібліотеці. Параметричні і не параметричні методики бібліотека System Identification Toolbox їх підтримує. Застосування інтерфейсу системи полегшує обробку одержаних даних. Тому програми ми розглядаємо як електронний довідник забезпечення математичного використання.

Для візуального моделювання використано програмний пакет VisSim. Зроблені розрахунки в роботі оформляли результати при використанні засобів пакету для візуалізації даних. Після цього проводили ілюстрацією для подання в роботі. Загальний випадок опису змінних і формалізації символічних обчислень Maple занесено до цілої системи комп'ютерної математики.

Однозначно, що з математичних пакетів має переваги та недоліки. Але є зручним для розв'язку конкретних поставлених завдань.

#### **1.4. Мета і завдання магістерської роботи**

Метою кваліфікованої магістерської роботи є економія енерго- та матеріалоресурсів за рахунок технічного переоснащення потокової лінії

виготовлення черневих сортів хліба на хлібо заводі ТОВ «Тенопільхлібпром» збільшення точності ділення тіста подільної машини марки А2-ХТН за рахунок зміни конструкції нагнітальної лопаті на більш ефективну.

Основними задачами магістерської роботи є:

1. Зробити літературний і патентний огляд сучасного технологічного обладнання ділення тіста а також аналіз структури тістоподільної машини марки А2-ХТН;
2. Кінематичний і технологічний розрахунок тістоподільної машини марки А2-ХТН;
3. Розрахунок деталей нагнітального вузла тістоподільної машини марки А2-ХТН;
4. Розробити заходи з монтажу, експлуатації та технічного обслуговування тістоподільної машини марки А2-ХТН;
5. Описати та обґрунтувати технічне переоснащення потокової лінії виготовлення черневих сортів хліба
6. Провести теоретичний аналіз відомих математичних моделей процесу ділення тіста;
7. На основі результатів експерименту дослідити процес ділення тіста в залежності від таких параметрів: форми лопаті, кута нагнітання, тиску в робочій камері, густини тіста ;
8. За відомими теоретичним залежностями розрахувати ймовірність ділення тіста і порівняти експериментальні та розрахункові дані ;
9. На основі аналізу отриманих даних внести корективи у математичні залежності, що описують процес ділення тіста та дають змогу розрахувати форму лопаті;
10. Розробити заходи з охорони навколишнього середовища від екологічних забруднень, що створюються під час роботи на хлібо заводі ТОВ «Тенопільхлібпром»
12. Розробити заходи з охорони праці і безпеки життєдіяльності.

## Розділ 2

### 2. Вибір і обґрунтування теоретичних і експериментальних методів досліджень

#### 2.1. Конструктивно-технологічне переоснащення лінії виробництва бетону на «Тернопільхлібпром» з проведеними розрахунками

*Потужність виробництва бетону на потоковій лінії.* Технічне переоснащення лінії базується на проведенні модернізації тістоподільника. Модернізація спрямована на якість поділки тіста на заготовки при збереженні необхідної продуктивності. Цех має 5 ліній в склад яких і входить лінія випуску бетонів з тунельною печею. Лінія працює в дві зміни. Тому завантаження року становить 300 діб.

ФЧ повний календарний це кількість годин за доб на календарні дні в році:

$$24 \cdot 365 = 8760 \text{ год.}$$

ЧФР у робітників і технологічного обладнання:  $8 \cdot 2 \cdot 300 = 4800$  год.

При повному розрахунку враховується графіка системи ППР та втрати простоювання. Із врахуванням РВП випуску бетонів та проведення ремонтних і ТО робіт при 72 годинах, ДРФ часу роботи рівний:

$$4800 - (72 \cdot 12 + 30 \cdot 24) = 3216 \text{ год.}$$

ДРФЧ роботи робітників при тривалості робочого тижня у 41 год. і відпустки 18 днів, становить 1840 год.

Потужність лінії виробництва бетона за зміну:

$$M = \frac{П}{\Phi_p \cdot l_k};$$

де  $\Pi$  – маса виробів у рік; кг.

$\Phi_p$  – ДРФЧ роботи лінії, днів;

$l_k$  – дві зміни в добу.

Тому потужність лінії становить:

$$M\partial = \frac{П}{\Phi_p \cdot I_k} = \frac{2000}{1840 \cdot 2} = 0,5 \text{ т/зм.}$$

А продуктивність лінії в добу:

$$П_d = 0,5 \cdot 2 = 1 \text{ т/зм.}$$

Річна програма лінії:

$$П_p = 1 \cdot 300 = 300 \text{ т/рік.}$$

Як відмічалось раніше, крім модернізації тістоподільника проводиться заміна закаточної машини для покращення якості і вигляду батона.

Точність роботи ТМ марки А2-ХТН при зменшеному тиску в робочій камері із-за зміни форми лопаті нагнітального вузла. Конструктивна зміна нагнітальної лопаті на більш ефективну.

### **2.1.1. Обґрунтування технологічної схеми лінії виготовлення батона**

Основними базовими технологічними операціями є:

- підготовка просіюванням борошна, виведення закваски, розчин солі та цукру, сироватки, молока, яєць, хімічних добавок...)
- приготування: рідкої опари та заміс тіста
- бродіння з поділом тіста на шматки
- округлення та попереднє вистожвання
- формування заготовок батона
- кінцеве вистожвання та випікання
- охолодження і зберігання.

Досить багато є різних машинно-апаратних схем виробництва батонів. Напрямок механізації складів є використання БТЗБ і допоміжної сировини. Більш детальний оглід лінії подано МАС (машинно-апаратною схемою) виробництва батона (рис.2.1).

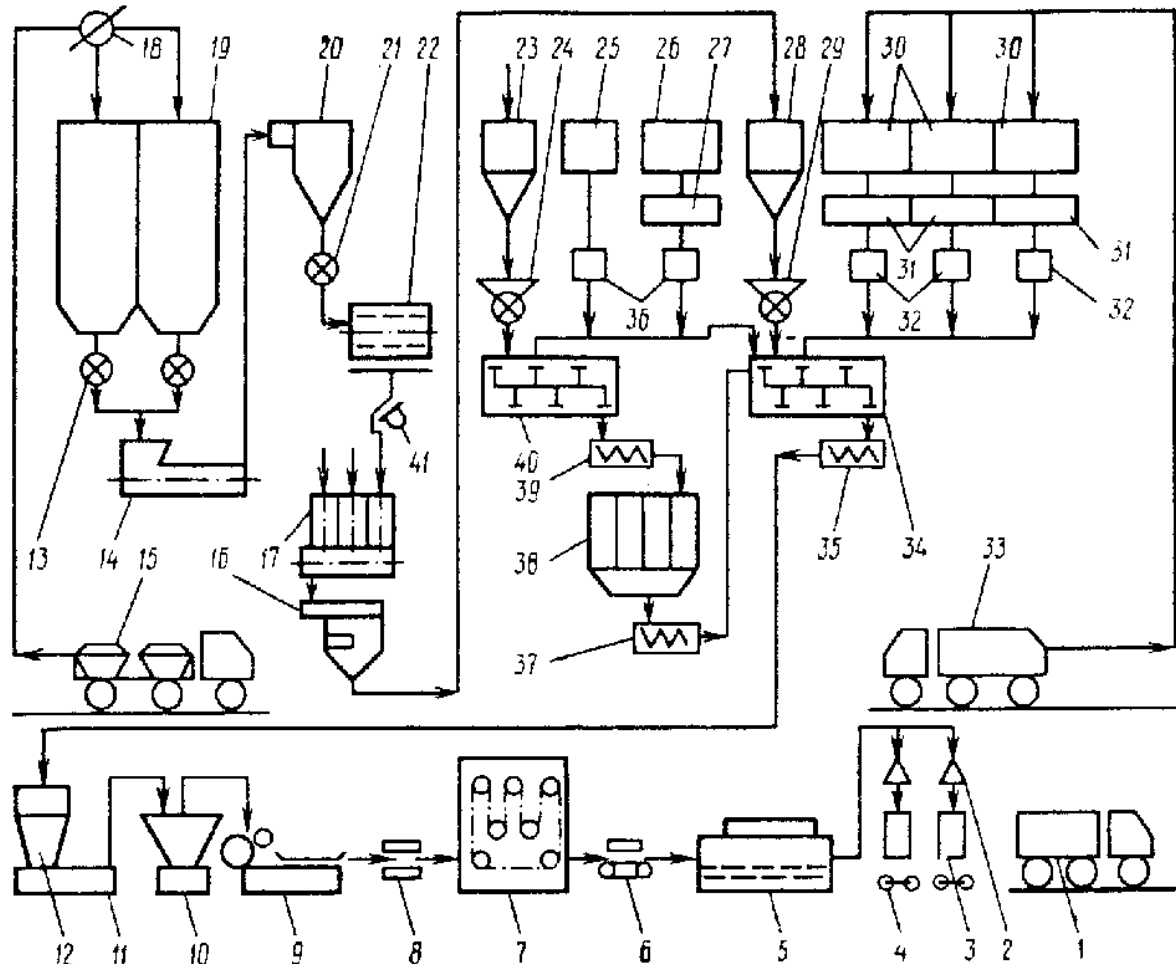


Рис. 2. 1.– MAC виробництва батона

Замішане за 10...12 хв. тісто нагнітається трубопроводом в бункер ТМ, де доброджує 20...25 хв.. Потім поступає на розділення для одержання заготовок визначеної маси і надання їм необхідної форми. Їх вкладають на люльки конвеєрної шафи вистоювання при визначеній температурі середовища (температура 35...40 С, вологість 80...85%). Тривалість складає 30...35 хв. Батон випікається в печі з подальшим трнспортуванням в експедицію для охолодження і відвантаденням у торгівеотну мережу.

### 2.1.2. Підбір обладнання лінії батону по продуктивності

Продуктивність продукції за одиницю часу розраховується дійсна, теоретична чи технологічна. Дійсна продуктивність  $Q_0$  – це продукція вироблена за одиницю часу за зміну. Необхідно врахувати витрат часу на простій.

Згідно паспортних даних продуктивність печі ПХС-25М становить із пшеничного борошна втщого сорту масою 0,45 кг — 0,50 т/год.

при випічці батога добова продуктивність:

$$Q_d = Q \square (\tau_p - \tau_n) = 0,58 \cdot (2 \cdot 8 - 2) = 8,12 \text{ т/доб.}$$

де  $\tau_p$  - час зміни в добу;

$\tau_n$  - час в зміні простою обладнання.

Продуктивність обладнання лінії взято з технічних характеристик. Всі дані зведено у таблицю.

Таблиця 2.1

Технологічного обладнання з даними їх продуктивності

№ п/п	технологічне обладнання	Продуктивність т/доб
1.	Піч БН-25	8,12
2.	Округлювач ХТО	12,5
3.	ТМ машина А2-Т2-64	5,1
4.	ТМ машина А2-ХТН	14,2
5.	ТМ машина ХТЗ-1	13,6
6.	Конвеєрна шафа РШВ	15,8

Дане тезнологічне обладнання по виготовленні батона дозволяє функціонально взаємодіяти при їх взаємозв'язку.

## 2.2. Розрахунок конструктивних параметрів А2-хтн

### 2.2.1. Структурний аналіз А2-ХТН

На першому етапі конструювання структурної схеми, що складається з нової машини або моденізовної існуючої, вона охоплює основні складові обладнання. До схеми включаються: двигун електричний, прямозуба циліндрична передача, транспортер відвантаження, нагнітальна лопать,



тістоподільна головка, станина. Станина тістоподільника складається із камери з приймаючою гирловиною. На ньому розміщено приймальну воронку.

Всередині камери знаходиться нагнітальна лопаття. Яка подає тісто в примикаючу лійку в якій обертається ділильна головка.

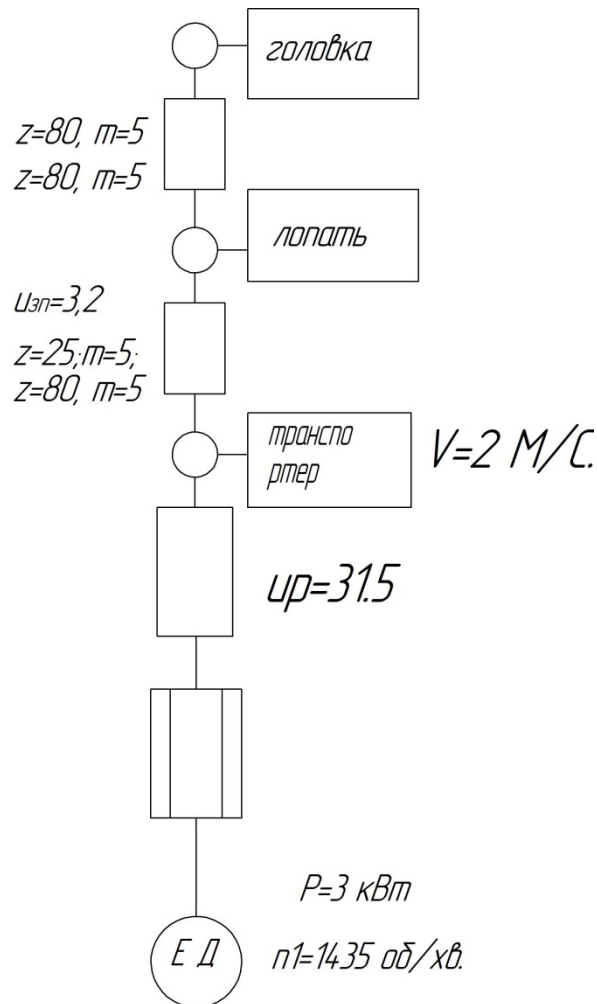


Рис. 2.2. Структура тістоподільника марки А2-ХТН

В головці розміщено плаваючий поршень. Привода машини обертає вал, на якому досить жорстко закріплено лопаття ротора і зубчасте колесо. Воно постійно знаходиться в зчепленні з колесом зубчатим. Відповідно на валу є ще розташований барабан ділильний.

### 2.3. Методика розрахунку зубчатого колеса тістоподільника А2-ХТН

Вибираємо середні механічні характеристики матеріалу для виготовлення коліс: для шестерні – ст. 45, покращена терм обробка (табл. 22.4 [11]), тверд. HB230, для сталі 45. Покращена обробка HB200. (табл. 22.3 [11]).

Допустимі напруження монтажні. Табл. 25.5 [11]

$$[\sigma_A] = \frac{\tau_A \cdot \lim b \cdot KAV}{[SA]} ;$$

де  $\tau_A \cdot \lim b$ - контактна межа витривалості при числі циклів. Вуглецева сталь з твердістю  $HB < 350$  та з покращенням термообробки.

$$\tau_A \lim b = 2HB + 70$$

$KAV$  – довговічності коефіцієнт; приймаємо  $KAV1$ ;  $[SA]=1.1$ - безпеки коефіцієнт.

$$[\sigma_A] = \frac{(2 \cdot 200 + 70) \cdot 1}{1.1} = 410 \text{ МПа.}$$

Значення коефіцієнту по таблиці  $KHB$  1.25 для несиметричного випадку розташування відносно опор відносно. Ширина вінця по осевій відстані.

$$\Psi_{Ba} = \frac{B}{aW} = 0.2$$

Відстань з умови міжосевого контакту витривалості зубів активних поверхонь:

$$d_{W3} = K_a(I4+1) \sqrt[3]{\frac{T_b \cdot KHB}{[\sigma_A]^2 \cdot U_4^2 \cdot \Psi_{Ba}}} = 49.5 (2 + 1) \sqrt[3]{\frac{1858 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{410^2 \cdot 2^2 \cdot 0.2}} = 298.4 \text{ мм.}$$

де : для коліс  $K=49.5$  прямозубих. (табл. 26.4 [11])

Найбільша відстань по ГОСТ 2185 – 86 міжцентрова,  $d_{W3}=300 \text{ мм.}$

Параметри колеса зубчастого, по формулі з таблиці 22. 1 [11].

Модуль нормальний. Зачеплення буде:

$$m_n = (0.01 \dots 0.02) 300 = 3..6 \text{ мм.},$$

відповідно приймаємо по ГОСТ 9563-60 --  $m_n=5 \text{ мм.}$

Зуби шестерні та колеса визначаємо їх число:

$$Z_5 = \frac{2a \cdot W_3}{(U_3+1)m_k} = \frac{2 \cdot 300}{(2+1)5} 40,$$

$$Z_6 = Z_5 = 40 \cdot 2 = 80$$

розміри основні для шестерні і колеса ;

$$\text{Ділильний: } d_5 = m_n \cdot Z_5 = 5 \cdot 40 = 200 \text{ мм.}$$

$$d_6 = m_n \cdot Z_6 = 5 \cdot 80 = 400 \text{ мм.}$$

А зубів діаметри вершин

$$d_{05} = d_5 + 2 \text{ mn} = 200 + 2 \cdot 5 = 210 \text{ мм};$$

$$d_{06} = d_6 + 2 \text{ mn} = 400 + 2 \cdot 5 = 410 \text{ мм};$$

$$\text{Ширина колеса: } b_5 = b_6 \cdot \Psi_{ва} \cdot Q_{W3} = 0.2 \cdot 300 = 60 \text{ мм}.$$

Між валами 3-4 , 4-5 та 5-6 буде

$$d_{w1} = 49.5 (1.08 + 1) \sqrt[3]{\frac{928.8 \cdot 10^3 \cdot 1.25}{410^2 \cdot 1.08^2 \cdot 0.2}} = 257.5 \text{ мм}.$$

Приймаємо  $d_{w1} = 260 \text{ мм}$ .  $i \text{ mn} = 5 \text{ мм}$ ,

$$\text{Відповідно тоді: } Z_1 = \frac{2 \cdot 260}{(1.08 + 1) \cdot 5} = 50, Z_2 = 1.08 \cdot 50 = 54.$$

$$A, d_1 = 5 \cdot 50 = 250 \text{ мм}, d_{a1} = 250 + 2 \cdot 5 = 260 \text{ мм},$$

$$d_2 = 5 \cdot 54 = 270 \text{ мм}, d_{a2} = 270 + 2 \cdot 5 = 280 \text{ мм},$$

$$b_1 = b_2 = 0.2 \cdot 260 = 52 \text{ мм}, i_2 = 1, \text{ тому } Z_4 = Z_2$$

$$d_4 = d_2 = 270 \text{ мм}; d_{w2} = 270 \text{ мм}.$$

$$d_{w4} = 49.5 (3 + 1) \sqrt[3]{\frac{310 \cdot 10^2 \cdot 1.25}{410^2 \cdot 3^2 \cdot 0.2}} = 176 \text{ мм}.$$

$$\text{Маємо } d_{w1} = 180 \text{ мм}. \text{ І } Z_4 = 54, \text{ тоді } Z_3 = \frac{Z_4}{U_3} = \frac{54}{3} = 18,$$

$$d_6 = 270 \text{ мм}; d_{a6} = 250 + 2 \cdot 5 = 280 \text{ мм},$$

$$d_3 = \text{mn} \cdot Z_3 = 5 \cdot 18 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{a3} = 50 + 2 \cdot 5 = 100 \text{ мм}; de [\sigma_{Hlimb}]$$

### 2.3.1. Розрахунок на кручення валу А2-ХТН

Розрахунок на кручення проводимо за найнижчими напруженнями допустимими. в поперечному перерізі крутний момент валу лопаті нагнітання тіста тістоподільника А2-ХТН.

$$T_1 = 9583,2 \cdot 10^3 \text{ Н*мм};$$

Діаметр вихідного кінця валу лопаті вузла нагнітання тіста тістоподільної машини марки А2-ХТН при допустимих напруженнях  $[\tau_k] = 20 \text{ МПа}$ .

$$d_{B2} = \sqrt[3]{\frac{T_1}{0,2 \cdot [\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{6747,4}{0,2 \cdot 20}} = 56,4 \text{ мм};$$

Зубчастого колеса діаметр посадки прямозубого  $d_{B2} = 75 \text{ мм}$ , а під підшипниками  $d_{п2} = 71 \text{ мм}$ ;

### 2.3.2. Лопатевий розрахунок валу нагнітання тіста

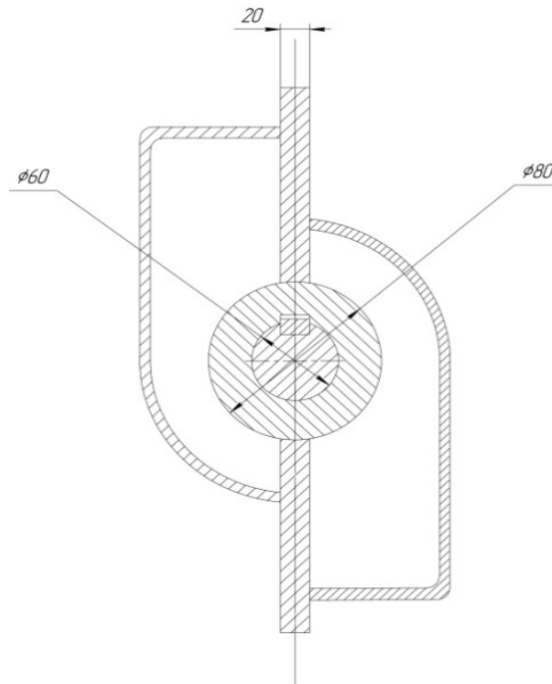


Рис. 2.3. Нагнітальна лопать тіста

Крутний момент необхідний для обертання лопаті при числі обертів валу  $n=20$  об/хв. її розмір  $A \times B = 215 \times 155$  мм ; відстань  $l=125$  мм.  
діаметр еквівалентний (табл. 21 ст. 40. [12]).

$$d = 1.3 b = 1.3 \cdot 0.155 = 0.195 \text{ м.}$$

скорість руху середня лопаті

$$V = \frac{\pi l n}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.125 \cdot 20}{60} = 0,13 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Густина борошна  $\gamma_m = 700$  кг/м<sup>3</sup> . Густина води  $\gamma_v = 1000$  кг/м<sup>3</sup> .

Густина тіста  $\gamma = 0.6 \cdot \gamma_m + 0.4 \cdot \gamma_v = 0.6 \cdot 600 + 0.4 \cdot 1000 = 760$  кг/м<sup>3</sup> .

Вязкість тіста (табл. 20 ст. 39. [12]).

$$\eta = 56.5 \cdot 10^{-4} \text{ кгсек/м}^2 \text{ .}$$

Рейнольдса число (пункт 4 ст. 56 [12]).

$$Re = \frac{v \gamma d}{g \eta} = \frac{0.13 \cdot 760 \cdot 0.195 \cdot 10^4}{9.81 \cdot 56.5} = 2560$$

Коефіцієнт опору (таблиця 19 ст. 38. [12]).

$\zeta$  для  $Re = 2560$  і при  $\frac{a}{b}$  від 1 до 10 рівне 1.6

Сила опору твмта на лопать (пункт 4 ст. 56 [12]).

$$P = \zeta a \cdot v \frac{v^2 \gamma}{2g} = 1.6 \cdot 0.215 \cdot 0.155 \frac{0.13^2 \cdot 760}{2 \cdot 9.81} = 0.65 \text{ кг.}$$

на валу момент лопаті

$$M = PL = 1.9 \cdot 12.5 = 23.75 \text{ кг/м.}$$

число обертів критичне валу з лопаттю .

Довжина вала  $L=425$  мм. вага лопаті  $Q = 6$  кг.; діаметр  $d=75$ мм; діаметр лопаті  $D=370$  мм.

Пружний модуль кручення  $G=800000$  кг/см<sup>2</sup>.

Кутова ділянки вала на скручування (пункт 3 ст. 68 [12]).

$$C = \frac{G \pi d^4}{32 \cdot l} = \frac{800000 \cdot 3.14 \cdot 7.5^4}{32 \cdot 42.5} = 5844 \frac{\text{кгм}}{\text{рад.}}$$

лопатевий момент інерції (табл. 1 ст. 11[12]).

$$I = \frac{Q \cdot D^2}{6g} = \frac{6 \cdot 0.37^2}{6 \cdot 9.81} = 0.13 \text{ кгм} \cdot \text{сек}^2.$$

Число критичне обертів

$$n_{\text{кр}} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{C}{I}} = \frac{30}{3.14} \cdot \sqrt{\frac{5844}{0.13}} = 2014 \text{ об/хв.}$$

Допустимі оберти

$$0,85 \cdot 2014 = 1710 > n > 1.15 \cdot 2014 = 2316.$$

### 2.3.3. Розрахунок пружини

Вихідні розрахунку: макс. Зусилля осьове розвинуте пружиною,  $P = 800$  Н при деформації  $y = 25$  мм; діаметр пружини  $D = 50$  мм; в умовах циклічного навантаження пружина працює із числом циклів  $\Pi_{\text{ц}} \leq 10^4$  при коефіцієнті напружень  $R=0,50$ .

Виготовлення пружини із пружинного дроту III класу міцності діам.  $d=6...7$  мм, за (табл. 18.2 ст. 185 [11]). Границя міцності дроту  $\sigma_{\text{в}} = 1000$  МПа.

За рекомендаціями (18.6 ст. 186 [11]) напруження кручення допустиме витків

$$[\tau] = 0,5 \sigma_{\text{в}} K_L = 0,5 \cdot 1000 \cdot 0,8 = 400 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт пружини га довговічність  $K_L = 0,8$  (табл. 18.3 ст. 192 [11])

Ідекс пружини  $C' = 7$ , то коефіцієнт кривину витків (формула 18.2 ст. 187 [11])

$$K' = 1 + 1,4/C' = 1 + 1,4/7 = 1,2.$$

Потрібний діаметр дроту пружини

$$d \geq \sqrt{8 \cdot F \cdot K' \cdot C' / (\pi[\tau])} = \sqrt{8 \cdot 800 \cdot 1,2 \cdot 7 / (3,14 \cdot 400)} = 6,54 \text{ мм.}$$

Візьмемо діаметр стандартний дроту  $d=7$  мм.

Фактичний індекс пружини  $C = D/d$ , —  $50/7 = 7,143$ .

При навантаженні граничному  $F_{i_p} = 1.1F = 1,1 \cdot 800 = 880$  Н

напруження кручення розрахункове у витках пружини

$$\tau = 8 F_{i_p} D K / (\pi d^3) = 8 \cdot 880 \cdot 50 \cdot 1,196 / (3,14 \cdot 7^3) = 390,7 \text{ МПа,}$$

Кількість витків робочих пружини

$$i = G d^4 \lambda / (8 F D^3) = 8 \cdot 10^4 \cdot 7^4 \cdot 25 / (8 \cdot 800 \cdot 50^3) = 6.$$

$G = 8 \cdot 10^4$  МПа - модуль пружності зсуві сталі.

витків пружини загальна їх кількість  $i_0 = i + 2 = 6 + 2 = 8$ .

Максимальна осьове навантаження  $F = 800$  Н

Мінімальний між витками зазор

$$\Delta = 0,2 \lambda / i = 0,2 \cdot 25 / 6 = 0,833 \text{ мм.}$$

ненавантаженої пружини – крок витків

$$h = \lambda / i + d + \Delta = 25 / 6 + 7 + 0,833 = 12 \text{ мм.}$$

Довжина, стиснутої пружини дотику витків,

$$H_{cp} = (i_0 - 0,5) d = (8 - 0,5) 7 = 53,9 \text{ мм.}$$

Довжина пружини ненавантаженої

$$H_0 = H_{cp} + i (h - d) = 53,9 + 6(12 - 7) = 83,9 \text{ мм.}$$

Довжина дроту пружини

$$L = n D i_0 / \cos \alpha = 3,14 \cdot 50 \cdot 8 / \cos 4,37^\circ = 1260,3 \text{ мм,}$$

$$\text{де } \alpha = \arctg [h / (\pi D^2)] = \arctg [12 / (3,14 \cdot 50)] = 4,37^\circ.$$

## 2.4. Технологічний аналіз тістоподільника А2-ХТН

Продуктивність тістоділильника проводиться для забезпечення завантаження асортименту тістових заготовок на формувальну операцію батона з урахуванням ритму роботи лінії при виробничих інтевалах. З умов забезпечення продуктивності роботи тунельної печі. Її площа поду 50-100 м<sup>2</sup>.

При заданій масі батона-заготовки продуктивність машини за умов повного завантаження поду печі:  $P = (Rg \cdot P \cdot M) t_v$ ,

Де

$P$  – число заготовок по ширині печі, шт.

$M$  - число рядів батон-заготовок по довжині печі, шт..

$t_v$  – час випікання, хв.

$Rg$  – коефіцієнт періодичних зупинок машини для регулювання, наладки

$$Rg = 1.15 \div 1.2$$

$$P = (1.2 \cdot 1.4 \cdot 85) 36 = 60 \text{ об/хв.}$$

Частоту лопатевого барабана з циклами подільної головки  $P_d$  :

$$P_d = P/mg,$$

де

$mg$  - число кишень головки подільної;

$$P_d = 60/2 = 15.$$

Продуктивності тістоподільника подано в таблиці.

Таблиця 2.2.

Виріб	$g$ , кг	$F$ $m^2$	Продуктивність шт/хв	Частота циклів при 40 хв.
Батон нарізний 1 сорт	0,5	50	60	20

Забезпечити роботу піч двокамерною головкою відбувається при  $P_0 = 20$  циклів за хвилину.

## 2.5. Кінематичний розрахунок

Кінематична схема тістоподільника проведена при врахуванні модернізації лопаті нагнітання. Дану кінематичну схему просторового відображення механізмів і ланок, приєднання і їх взаємозв'язок, потокове розподілення енергії спрямовано на зв'язки елементів з інформацію.

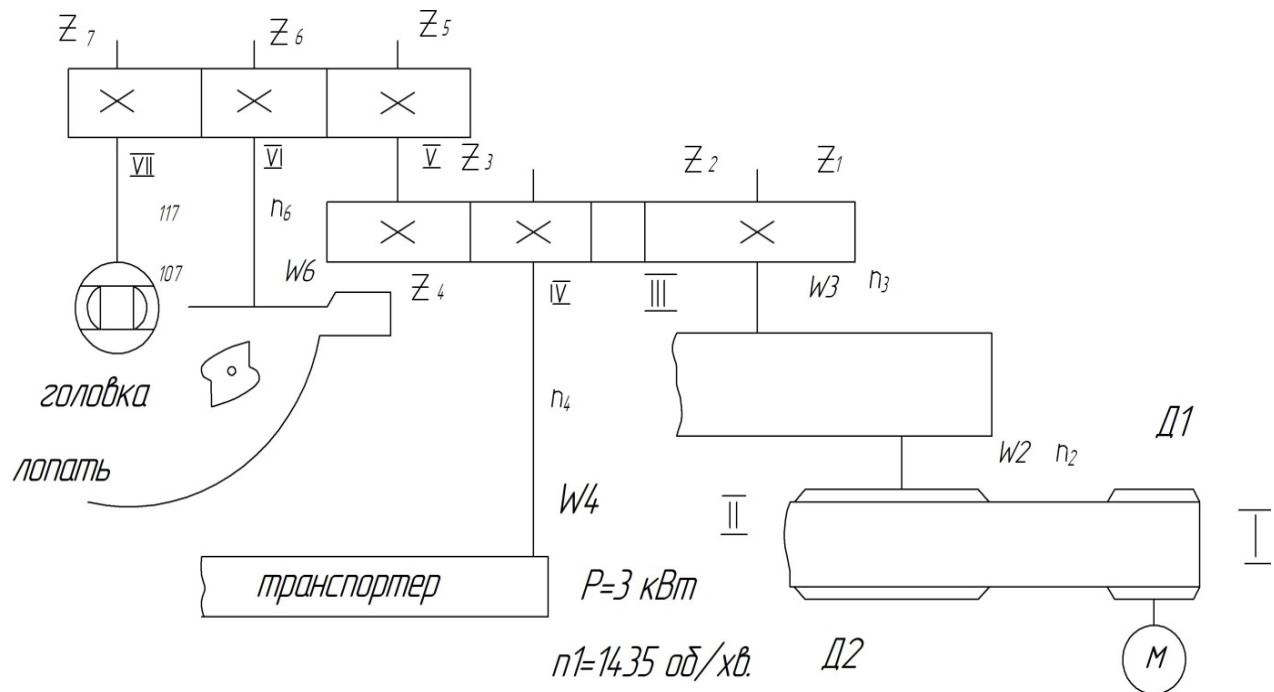


Рис. 2.3. Кінематика машини

кутову швидкість та число обертів всіх валів

$$n_2 = n_1 \cdot U_1 = 1435 \cdot 1.44 = 2066.4 \text{ об/хв.}$$

$$W_2 = \pi n_2 r_2 = 3.14 \cdot 2066.4 \cdot 0.15 = 960.5 \text{ с}^{-1}$$

$$n_3 = n_2 \cdot U_2 = 2066.4 \cdot 1.5 = 3100 \text{ об/хв.}$$

$$W_3 = \pi n_3 r_3 = 3.14 \cdot 3100 \cdot 0.15 = 1470 \text{ с}^{-1}$$

$$n_4 = n_3 \cdot U_3 = 3100 \cdot 0.93 = 2883 \text{ об/хв.}$$

$$W_4 = \pi n_4 r_4 = 3.14 \cdot 2883 \cdot 0.15 = 1350 \text{ с}^{-1}$$

$$n_5 = n_6 = n_4 \cdot U_4 = 2883 \cdot 0.52 = 1500 \text{ об/хв.}$$

$$W_5 = W_6 = W_7 = \pi n_5 r_5 = 3.14 \cdot 1500 \cdot 0.15 = 707 \text{ с}^{-1}$$

кручення моменту валів

$$T_2 = T_1 \cdot i_1 = 19 \cdot 1.44 = 27.3 \text{ Нм}$$

де

$T_1$  – момент електродвигуна

$$T_1 = P_1 / \omega_1 = 2750 / 150.2 = 18.3 \text{ Нм}$$

$$T_3 = T_2 \cdot i_2 = 27.3 \cdot 31.5 = 860 \text{ Нм}$$

$$T_4 = T_3 \cdot i_3 = 860 \cdot 1.08 = 930 \text{ Нм}$$

Вал лопаті і зубчасте колесо перевіряємо на міцність пари  $Z_5$ -  $Z_6$ .

По діаметру коефіцієнт ширини шестерні:



$$\psi_{\text{ва}} = \frac{b_5 \cdot 60}{d_5 \cdot 200} = 0.3$$

швидкість колова і точність передачі.

$$V = \frac{w_5 \cdot d_5}{2} = \frac{1.54 \cdot 0.2}{2} = 0.15 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Приймаємо 9 ст. точність по ГОСТ 1643-81

Коеф. Навантаження  $K_H = K_{H\beta} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\nu}$ ,

Значення при  $\psi_{\text{ва}}=0.3$ , твердості  $HV \leq 350$  коліс опор  $K_{H\beta}=1.03$

При  $V$  до 1 м/с для 9 ст. точності  $K_{H\alpha} = 1.06$ .

Для прямозубих коліс при  $HV \leq 350$  та  $V < 5$  М/с, буде  $K_{H\nu}=1.05$ .

Отже:  $K = 1.03 \cdot 1.06 \cdot 1.05 = 1.15$ .

Перевірка контактних напружень:

$$\sigma_H = \frac{270}{d \cdot W_3} \sqrt{\frac{T_2 \cdot K_H \cdot (U+1)^3}{b \cdot U^2}} = \frac{270}{300} \sqrt{\frac{1858 \cdot 10^3 \cdot 1.15 \cdot (2+1)^3}{60 \cdot 2^2}} = 392 \text{ мПа} < [\sigma_H]$$

Колова сила в зчепленні :

$$F_{t2} = \frac{2T_2}{d_2} = \frac{2 \cdot 1858 \cdot 10^3}{400} = 9290 \text{ Н};$$

Радіальна сила  $F_{p2} = F_t \cdot \tan \alpha = 9290 \cdot 0.364 = 3380 \text{ Н}$ .

Витривалість напруження згину зуба

$$\sigma_F = \frac{F_t \cdot K_F \cdot Y_F \cdot Y_\beta \cdot R_F \alpha}{6 M_n} \leq [\sigma_F]$$

$K_F = F_F \beta \cdot K_{FV}$  по таблиці при  $\psi_{\beta\alpha}=0.3$ ,  $HV \leq 350$  і  $K_{F\beta} = 1.05$ , по табл.  $K_{FV}=1.25$ .

Отже  $F_F = 1.055 \cdot 1.25 = 1.32$ .

$Y_F$ - коефіцієнт форми зуба шестерні  $Z_3=40$ ;  $Y_{F5} = 3.7$ ;

Колесо при  $Z_6=80$ ;  $Y_{F6} = 3.61$ ;

напруження допустиме

$$[\sigma_F] = \frac{\sigma_{F \text{ lim } b}}{[SF]}$$

Покращена сталь при  $HV \leq 350$ ;  $\sigma_{F \text{ lim } b} = 1.88 \text{ НВ}$ ;

Шестерня  $\sigma_{F \text{ lim } b} = 1.88 \cdot 230 = 415 \text{ мПа}$

Колесо  $\tau_{F \text{ lim } b} = 1.8 \cdot 200 = 360 \text{ мПа}$ ,

Отже  $[SF] = 1.75 \cdot 1 = 1.75$ .

напруження допустимі ;

шестерні;  $[\tau_{F1}] = \frac{415}{1.75} = 237 \text{ мПа}$ .

колеса ;  $[\tau_{F2}] = \frac{360}{1,75} = 206 \text{ мПа}$ .

відношення  $[\tau_F]/U_F$ ; буде: шестерні  $237/3,7=64 \text{ мПа}$ ; колеса  $206/3,61=56,8 \text{ мПа}$ .

Розрахунок менш міцних зубів колеса.

Коефіцієнти  $K_1$  та  $K_{F\alpha}$

$K_1 = 1$  ; передача прямозуба; однохначно  $K_{F\alpha}=1$ .

Тому  $\tau_{F6} = \frac{9250 - 1,92 \cdot 3,61 \cdot 1 \cdot 1}{60 \cdot 5} = 117 \text{ мПа} < [\tau_{F6}] = 206 \text{ мПа}$ .

Розрахунок вала уточнений по нормальні напруження згину змінюються по симметричному циклу. Дотичні кручення по пульсуючому. Його уточнення полягає у визначенні запасу міцності через коефіцієнти [5].

Міцність забезпечується при  $S \geq [S] = 2,5$

### 2.5.1. Розрахунок січень валу

Він ґрунтується на силі взачепленні однієї пари зубів. Її розкладаємо на дві складові взаємно перпендикулярні :

Силу (8.1 ст. 158 [13]) знайдемо із  $F_t = p/v$

$$F_t = 2200/1435 = 1533 \text{ Н.}$$

Радіаль. (8.2 ст. 158 [13]) при допомозі  $F_r = F_t \cdot \text{tg}\alpha$

$$F_r = 1533 \cdot 5.579 = 3429 \text{ Н.}$$

Опора (ст. 304 [13] )

$$R_{x1} = R_{x2} = F_t/2 = 1533/2 = 766 \text{ Н.}$$

$$R_{y1} = 1/2 \cdot F_r \cdot l$$

$$R_{y1} = 1/2 \cdot 46.87 \cdot 3429 \cdot 46.87 = 1714 \text{ Н.}$$

$$T = 242 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{\max} = \sqrt{M_x^2 \cdot M_y^2} = \sqrt{368^2 \cdot 164^2} = 402.8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$W_0 = \frac{\pi D^3}{32} = \frac{3.14 \cdot 0.075^3}{32} = 0.00004$$

$$\sigma_{32} = \frac{M_{\max}}{W_0} = \frac{402,8}{0,00004} = 10070000 \text{ Па.}$$

$$[\sigma] = 700 \text{ мПа.}$$

$$\sigma = 10.07 \text{ мПа}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau_K]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 242}{3.14 \cdot 20000000}} = 39.5 \text{ мм.}$$

На основі визначаних даних будуюмо епюру нашого валу (рис.2.4.). Одночасно проводимо розрахунок січень вала сталі 45 нормалізованої.

$\tau_b = 570$  мПа – межа витривалості

$$\sigma_1 = 0.4366 = 0.43 \cdot 570 = 245 \text{ мПа.}$$

$$\tau_1 = 0.58 \quad \tau_1 = 0.58 \cdot 275 = 142 \text{ мПа.}$$

діаметр вала січення -75 мм.

Концентрація напружень наявністю шпоночної канавки ;

$K_\sigma = 1.59$ ;  $K_T = 1.49$ - коефіцієнти нормальних напружень.

$\varepsilon_\sigma = 0.75$ ;  $\varepsilon_T = 0.64$ -масштабні фактори.

$\psi_\sigma = 0.15$  та  $\psi_T = 0.1$  запас міцності

$$S = \frac{\rho_\sigma \cdot \sigma_T}{\sqrt{S^2 \cdot \tau^2 \cdot \sigma_T^2}};$$

Момент опору кручення ( $d=75$  мм,  $b=16$  мм,  $t_1=6$ мм.)

$$W_{K \text{ нетто}} = \frac{\pi d^3}{16} - \frac{b t_1 (d-t_1)^2}{2d} = \frac{3.14 \cdot 75^3}{16} - \frac{12 \cdot 6 (75-6)^2}{2 \cdot 75} = 32.6 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

Опір згину

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi d^3}{32} - \frac{b t_1 (d-t_1)^2}{2d} = \frac{3.14 \cdot 75^3}{32} - \frac{12 \cdot 6 (75-6)^2}{2 \cdot 75} = 15.2 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

Загальний згинальний момент середини зубчастого колеса.

$$T_{32} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \sqrt{87.2^2 + 239.5^2} = 281.6 \text{ Нм}$$

Амплітуда напруження дотичних напружень

$$\tau_v = \tau_M = \frac{T_5}{2W_{\text{нетто}}} = \frac{930 \cdot 10^3}{2 \cdot 32.6 \cdot 10^3} = 14.3 \text{ мПа.}$$

Амплітуда напружень згину

$$\tau_v = \frac{T_{32}}{W_{\text{нетто}}} = \frac{281.6 \cdot 10^3}{15.2 \cdot 10^3} = 18.5 \text{ мПа.}$$

Середнє напруження  $\tau_m = 0$ .

Запас міцності по дотичному напруженні.

$$ST = \frac{\tau_{-1}}{\frac{R_t}{\varepsilon_t} \tau_v + \psi_T \cdot \tau_M} = \frac{142}{\frac{1.49}{0.64} \cdot 14.3 + 0.1 \cdot 14.3} = 1.09.$$

Запас міцності по нормальним напруженням.

$$S\tau = \frac{\sigma-1}{\frac{R\tau}{\varepsilon\tau} v + \psi\tau \cdot \tau M} = \frac{1.46}{\frac{1.59}{0.74} \cdot 18.5 + 0} = 6.3$$

Загальний коефіцієнт запасу міцності

$$S = \frac{4.09 \cdot 6.3}{\sqrt{4.09^2 + 6.3^2}} = 3.26 > [S] = 2.5$$

Вал забезпечений міцністю.

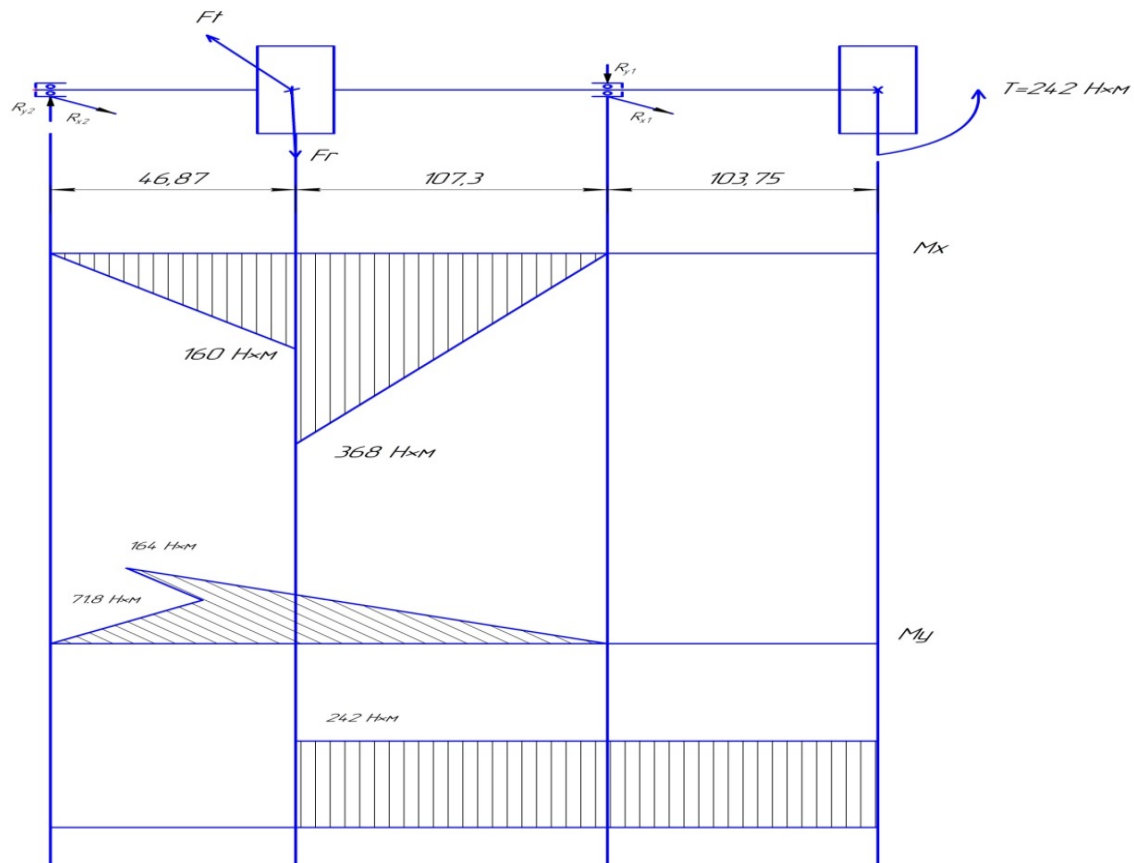


Рис. 2.4. Розподіл навантажень на основний вал А2-ХТН

## 2.6. Енергетичний розрахунок тістоподільника А2-ХТН

Енергетичний розрахунок витрати на нагнітання тіста за рахунок сил тертя на поверхні ротора. Це робота витрачена на заповнення робочої камери тістом та його стиснення до тиску. Після цього переміщення по робочій камері із заповненням мірної камери. Видача відміреної заготовки максимальна робота здійснена за рахунок сили тертя.

Обертання ротора потребує зусилля у забезпеченні проходження ротора крізь тісто. Це зусилля дорівнює максимальній роботі на подолання опору тіста ротором.

$$A_p < A_{Mz}$$

$$A_{Mz} = F \cdot \sigma \cdot L_{ДДЖС};$$

$$A_{MP} = F \cdot \sigma \cdot L_p ДДЖС;$$

де Р - поверхня переміщення тіста за один цикл ротора, або подільної головки (так як  $n_1 = n_p = 28 \text{ хв}^{-1}$ ), м ;

$\sigma$  - напруга зсуву тіста гранична - 3000 Па;

$L_{ц}$  - за один цикл довжина переміщення ротора, м.

Площу контакту тіста з ротором розраховуємо із креслення ротора.

$P_1$  - площа циліндричного ротора контакту.

$$F_1 = a(m \cdot 27\pi + n \cdot 27\pi R) + b(1 \cdot 27\pi R)$$

де а - коефіцієнт частини ротора де розміщені лопаті, 0.59

b - коефіцієнт частини ротора нема гребінок, 0.42

R - зовнішній радіус ротора 0,1725 м;

r - внутрішній радіус ротора -0,11 м;

l - ширина ротора - 0,218 м;

m - загальна ширина по внутрішньому радіусу ротора з тістом - 0,169 м;

n - загальна ширина по зовнішньому діаметру ротора з тістом -0,049 м.

$$F_1 = 0,58(0,169 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,11 + 0,049 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,1725) + 0,42(0,218 \cdot 23,14 \cdot 0,1725) = 0,168 \text{ м}^2$$

$F_2$  - площа бокового контакту ротора;

$$F_2 = \left( \frac{\pi R \cdot R \cdot \alpha}{360^\circ} - \frac{\pi r \cdot r \cdot \alpha}{360^\circ} \right) n;$$

де, а - сумарний кут лопаті -  $105^\circ \cdot 2 = 210^\circ$ ;

n - кількість поверхонь лопаті - 14;

$$F_2 = \left( \frac{3,14 \cdot 0,1725 \cdot 0,1725 \cdot 210}{360^\circ} - \frac{3,14 \cdot 0,11 \cdot 0,11 \cdot 210}{360^\circ} \right) 14 = 0,4528 \text{ м}^2;$$

Загальна площа з тістом:

$$F = F_1 + F_2 \text{ м}^2;$$

$$F = 0,1618 + 0,4528 = 0,6145 \text{ м}^2.$$

$L_{ц}$  - довжина за один цикл

$$L_{ц} = \frac{\pi(r+R)}{2} \text{ м};$$

$$L_{ц} = \frac{3,14(0,11+0,725)}{2} = 0,4435 \text{ м.}$$

$L$  м, довжина за один оберт.

$$L_p = 0,4435 * 2 = 0,887$$

Максимальна робота використана для робочого процесу:

$$A_{мц} = 0,6145 * 3000 * 0,4435 = 817,6 \text{ Дж};$$

$$A_{мр} = 0,6145 * 3000 * 0,88705 = 1635,3 \text{ Дж.}$$

Робота витрачена на привід подільної головки

$$A_2 = (\omega_2^2 I_2 + M_c) \varphi_2; \text{ Дж},$$

де  $\omega$  - Середня кутова швидкість повороту головки.

$$\omega_2 = 0,105 n_2$$

$$\omega_2 = 0,105 * 28 = 2,94 \text{ рад/с}$$

$I_2$  - момент інерції головки

$$I_2 = \frac{m_2 r_2^2}{2}; \text{ кг} \cdot \text{м}^2,$$

де,  $m_2$  - маса головки, 30кг.

$r_2$  - радіус кривошипу

$$I_2 = \frac{30 * 0,12^2}{2} = 0,22 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$M_c$  - момент подолання опору тіста при повороті головки

$$M_c = b * r^2 * \varphi * \sigma$$

$b$  - ширина головки 0,25м;

$r$  - радіус головки 0,14м;

$\varphi_2$  - кут повороту головки 1,22 рад.

$$M_c = 0,25 * 0,14^2 * 1,22 * 3000 = 18 \text{ кг}\cdot\text{м}$$

$$A_2 = (2,94^2 * 0,22 + 18) * 1,22 = 24,3 \text{ Дж.}$$

Робота витрачена на привід транспортера П складає:

$$N_3 = 120 \text{ Вт.}$$

$$A_3 = N_3 * \tau_{\text{ц}}, \text{ Дж}$$

$\tau_{\text{ц}}$  - тривалість циклу, с

$$\tau_{\text{ц}} = \frac{60}{28} = 2,14 \text{ с.}$$

$$A_3 = 120 * 2,14 = 257 \text{ Дж.}$$

Сумарна робота складе:

$$A = A_{\text{мр}} + A_2 + A_3$$

$$A = 1635,3 + 24,3 + 257 = 19166 \text{ Дж.}$$

Потужність приводу значення роботи до часу її виконання з циклограмою  $\tau = 2,14 \text{ с}$

$$N = \frac{A}{\tau * \eta}, \text{ Вт}$$

$\eta$  - загальний ККД усіх передач з кінематичною схемою (рис.2.2)

$$\eta_{\text{кп}} = 0,95$$

$$\eta_{\text{р}} = 0,97^2$$

$$\eta_{\text{лп}} = 0,93$$

$$\eta_{\text{зп}} = 0,93$$

$$\eta_{\text{зп}} = 0,93$$

$$\eta_{\text{пк}} = 0,99^5$$

$$\eta = 0,95 * 0,97^2 * 0,93 * 0,93 * 0,93 * 0,99^5 = 0,69$$

$$N = \frac{19166}{2,14 * 0,69} = 1298 \text{ Вт.}$$

Приймаємо півторакратний запас потужності для можливості зростання навантажень.

$$N_{\text{ок}} = 1,5N$$

$$N_{\text{ок}} = 1,5 * 1298 = 1947 \text{ Вт.}$$

З каталогу є двигун марки 4A90L4Y3

$$N_{\text{д}} = 2,2 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{д}} = 1435 \text{ хв}^{-1}$$

Момент на валу ротора за середньою квадратичною потужністю з урахуванням тривалості.

$$M_{\text{л}} = \frac{30N}{\pi n_{\text{ок}}} \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{л}} = \frac{30 * 1947}{3,14 * 1435} = 13 \text{ Нм.}$$

Максимальне навантаження знаходимо за формулою

$$M_{\text{max}}^{\text{д}} = \frac{2(M_{\text{max}} - M_{\text{с}})I_1}{I_1 + I_2} + M_{\text{с}}$$

де,  $M_{\text{max}}^{\text{д}}$  - максимальний пусковий момент електродвигуна:

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_{\text{н}}} = 2,2$$

$M_{\text{н}}$ -номінальний момент електродвигуна.

$$M_{\text{н}} = \frac{30N_{\text{д}}}{\pi n_{\text{д}}}, \text{ Нм}$$

$$M_{\text{н}} = \frac{30 * 2200}{3,14 * 1435} = 14,7 \text{ Нм.}$$

$$M_{\text{max}} = 2,2 * 14,7 = 32 \text{ Нм}$$

$I_1, I_2$  - ведучої і веденої ланок приведені моменти інерції. Для 4A90L4Y3

$I_1 = 0,048 \text{ кг/м}^2$  - ведучої ланки приведений момент

$$I_2 = 0,056 \text{ кг/м}^2$$

$M_{\text{с}}$  - статичних навантажень приведений момент.  $M_{\text{с}} = 2,81$

$$M_{\text{max}}^{\text{д}} = \frac{2(32 - 2,81) * 0,048}{0,048 + 0,056} + 2,81 = 29,75 \text{ Нм}$$

перевантаження двигуна максимальне:



$$\frac{M_{\max}}{M_{\text{н}}} = \frac{29,75}{14,7} = 2,02$$

Вибраний електродвигун експлуатації машини відповідає вимогам і не буде його перевантаження.

### **3. Фізична модель РК тістоподільної машини А2-ХТН**

#### **3.1. Розгляд застосування моделювання**

Відпрацьована вирізка фізичної моделі робочої камери тістоподільника необхідна для виконання пошуку розрахунків у підтвердженні очікуваних результатів. Розрахунки проводяться на основі теоретичного аналізу і знайомства з патентним матеріалом. Після цього провести експерименти та на підставі отриманих даних доопрацювати фізичну модель. Методи фізичного та математичного моделювання при взаємодії процесів розділення маси тіста на заготовки дозволяють знайти основні їх закономірності та визначити раціональні конструктивні та технологічні параметри робочої камери машин.

Тому при моделюванні виконувати такі необхідно умови:

1. віддавати зі збереженням технологічного регламенту перевагу обробці натуральних речовин для харчових продуктів;
2. кислотний і температурний, та інші параметри процесу базуються на дії певних бактерій. Відповідно повинні бути ідентичними з натуральними показниками;
3. ідентичними з натуральними показниками має бути інтенсивність, тривалість дії та механізм ділення;
4. показники якості готової продукції є основним фактором режиму розділення. Режим впливає на наступні етапи технологічного процесу і визначення раціональних параметрів повинно завжди обґрунтовуватися;
5. дільниця камери натурального розміру найбільш ефективним є моделювання на вирізці.

Значно скорочується обсяг експериментів при розширенні області досліджень на фізичних і математичних моделях. Порівняно з натуральним дослідженням дозволяє зменшити матеріальні затрати сировини і напівфабрикатів. Крім цього природні спостереження полегшити візуально. Обґрунтувати напрямки подальшого удосконалення робочої камери при можливості принципово нових рішень полегшити перевірку ефективності.

Типи моделювання існують три: фізичне, математичне і комбіноване.

### 3.1. Модель РК машини А2-ХТН з обґрунтуванням

В робочій камері тістоподільника відтворюються аналогічні процеси з фіксованими відхиленнями, як на натуральному взірці, так і на моделі. Розмір процесу обмежений прийнятою фізичною методикою. Фізична модель робочої камери з робочими органами нагнітання тіста являє собою натурального розміру вирізку. Вона забезпечує зміни параметрів процесу в заданих межах та оснащена для візуального спостереження пристроями (прозора стінка або вікно), приладів та ін.

Відхиленням при використанні моделей масштабного часового фактору виникають із-за дії пристінних ефектів. На таких моделях лінійні розміри слід зменшувати в 2 рази. Із-за цього робочий об'єм зменшиться в 8 разів. Натуральний розмір ефективніше виконувати при моделюванні на "вирізках". "Вирізка" повинна не вносити суттєвих відхилень у пристінних ефектах.

На базі фізичної моделі і формалізованого запису розробляється математична модель основних процесів. Вони мають місце в робочій камері тістоподільника і дозволяють вивчати системні методи. Вивчення їх по кількісних показниках дозволяє визначити невраховані відхилення і скорегувати результат. Відповідно отримати основні залежності і якісне відображення реальної системи.

Фізична модель робочої камери представлена на (рис. 3.1). вона являє собою місткість де здійснюються процеси і операції. Операції пов'язані з поділом тіста на заготовки однакової маси і форми. Частина камери (лійка) не належить до камери. В ній не здійснюються операції зв'язані з поділом тіста. Процес в цій машині відбувається в такий спосіб. Ділення тіста з бункера 1 надходить у робочу камеру 2. Камера являє собою барабан. З боку бічної стінки є корпус машини, а іншого - бічна прозора кришка. Модернізована нагнітальна лопать 3 обертається з постійною кутовою швидкістю  $\omega_1$ . Тісто поступає в робочу зону 4 камери. Під дією кулачкового механізму заслінка 11 здійснює коливальний рух. Вона, перебуваючи в нижньому положенні, перекриває вихід з робочої зони тіста в бункер. Тому тісто поступає в стакан 5 і в мірну кишеню 6. З одного крайнього положення в інше по мірі наповнення мірної кишені 6,

поршні 9 під тиском тіста рухаються в напрямку. При цьому заготовка виштовхується на транспортер з мірної кишені 8. По закінченні мірного заповнення кишені 6 ущільнене тісто в робочій камери при відкритій заслінці 11 надлишки тіста повертаються в бункер. Ділильна головка 7 з кутовою швидкістю  $\omega_2 = \omega_1$  обертається постійно.

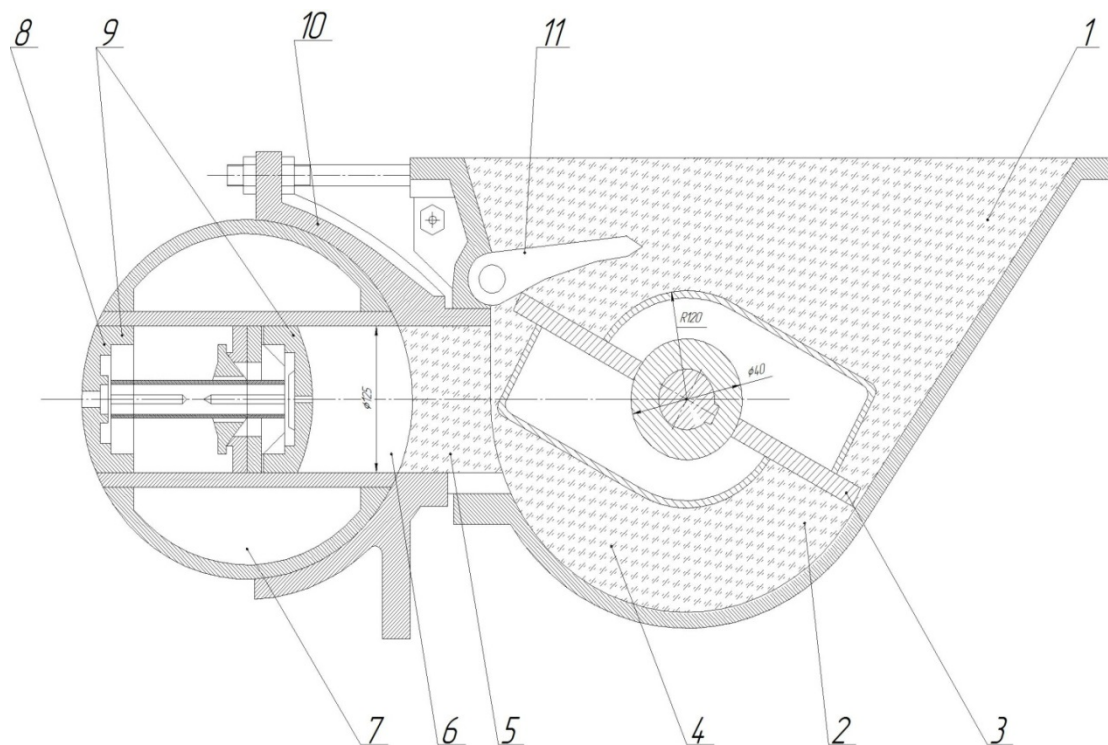


Рис. 3.1. Конструкція модернізованої робочої камери: 1.-бункер; 2.-робоча камера; 3.-модернізована нагнітальна лопать; 4.-робоча зона; 5.-стакан; 6.-мірна кишуня; 7.-ділильна головка; 8,9.-поршун; 10.-горловина; 11.-заслінка.

Від дії кулачкового механізму заслінка 11 виконує коливальний рух. Знаходження в нижньому положенні вона перекриває вихід із робочої камери тіста в бункер. Тісто поступає в стакан і мірну кишуню. Якісного нагнітання тіста при допустимих тисках забезпечується запропонованою модернізованою лопаттю. Вона має інший радіус  $r$  ступиці. Зовнішній радіус  $R$  і ширина  $b$  відповідає камері.

### **3.3. Математичне моделювання нагнітання тіста у тістоділильну головку**

#### **3.3.1. Обґрунтування параметрів РК поділильника**

Раціональна частота обертання нагнітальної лопаті при приготуванні високоякісної продукції забезпечить оптимальну інтенсивність і тривалість. Плавне нагнітанням тіста в мірну кишеню тістоділильної головки забезпечить сталу температуру. Поділка тіста при певних раціональних режимах призводить до економії матеріальних ресурсів та покращення якості виробів. Саме питанню нагнітання приділяється увага науковців. Вони враховують фактори у перевищенні граничного значення тиску. Це небажана зміна тіста в структурі, погіршення якостей і витрат електроенергії. Раціональна обробка впливає позитивно на колір м'якуша. Це відповідно сприяє поліпшенню пористості та газоутворюючої здатності тіста. Слід відмітити межі робочого тиску  $(0.5 - 1.2) \cdot 10^5$  Па.

Різні конструкції лопатей при різних реологічних показниках тіста безпосередньо не можливо використовувати при визначенні робочих параметрів його поділки. Відповідний профіль каналу під тиском у закритій ємності робочої камери і відсоток вуглекислого газу розчинений в тісті визначає параметри. Однак користуватися орієнтовно можна наведеними даними. На стадії нагнітання вплив температури відчутний. Пружно-еластичне відновлення тіста значною мірою визначає коефіцієнт.

Відмічено [2], що при розділенні тіста на шматки процес базується при додержанні певного стискання його перед подачею в мірні кишені. Вирішальне значення управління процесом належить механічним впливам. В значній мірі форма і інтенсивність визначають умови проведення процесу і додержання структури тіста. Саме головне, в машині повинні механічні впливи реалізовані наведених параметрів. Вони спрямовані забезпечити в структурі допустиме руйнування на стадіях розділення. Тому максимальна однорідність фаз структуроутворення забезпечує якість. Допустиме руйнування перевищення

тіста призводить до впливу на консистенцію та збільшення прилипання робочої камери.

Отримання поділки маси напівфабрикатів є кінцевою метою готових виробів. Забезпечення ефективності технологічного процесу при заданій продуктивності. Системні змінні характеристики поділу тіста впливають на деформації. Змінюючи фактори впливу, можна раціональні умови визначити поділки різних сортів тіста. Особливо це стосується пшеничного, житньо-пшеничного, житнього тіста. Тривалість розділення маси тіста є різною в наслідок різної динамічної рівноваги при однакових питомих витратах енергії. Зміна структури тіста проходить між процесами його руйнування і відновлення [2,3].

Поведінка тіста за степеневим законом Гершеля – Балклі. Різні стадії процесу поділки тіста визначають властивості. Складові тіста об'єднані трьома групами. Вони утворюють відповідно рідку, тверду і газову фази. Кількість фаз визначається рецептурним складом виробів. За рахунок газоподібних продуктів формується газова фаза тіста ( вуглекислого газу) при спиртовому бродінні. Процеси руйнування й утворення  $\text{CO}_2$  впливає на нерівномірний розподілу газових включень в тісті [3,4]. На структурно-механічні властивості впливає вміст твердо-рідкої і газової фаз. Збільшення газоподібних продуктів і вологості робить тісто більш пористим.

Реологічні рівняння не можуть описати поведінку задовільно дріжджового тіста. Є потреба для рівняння стану знайти інший вираз. Класична математична модель побудована на рівняннях руху в'язкого тіста і збереженнях аномалії в'язкості. Сила тертя дозволяє розв'язок проблем.

Принцип реологічних характеристик тіста є у визначенні взаємозв'язку прикладеного навантаження створеного барабаном та деформацією тіста. Тісто зазнає різні типи деформацій [4]. Вони залежать від навантаження. Ці навантаження можуть мати різну деформацію та згинальний момент. Величини деформації зсуву [5] впливають на структурно-механічних характеристик тіста. Вимір деформацій пов'язано з технічними проблемами.

Схема моделювання процесу ділення тіста представлена на рис.3.2. У відповідності сучасного підходу до характеристики деформування тіста при розробці моделі його поведінки, можна виконати двома шляхами.

Таким чином, створювати математичну модель поділки тіста в робочій камері, слід врахувати реологічні особливості тіста. Крім цього явища характерні даного процесу – тертя і ступінь розпушування тіста на виході з мірної кишені; розтягування, кручення; стискання на ділянці переміщення по робочій камері. Конструкція робочої камери і поверхня нагнітального барабану з лопатями вирішальне значення при поділці тіста. Тому вплив кута течії маси тіста при нагнітанні у воронку встановлює взаємозв'язок змін площі КС до площі ПК. Це дозволять встановити найбільш раціональну форму робочої камери і поверхні лопаті. Випадок зон дозволяє забезпечити рівномірну швидкість руху до мірних кишеньок.

### **3.3.2. Технічні характеристики та розрахунок робочого процесу модернізованої машини А2-ХТН**

Робочий цикл в тістоділильній машині здійснює наступні операції:

- робоча камера заповнюється тістом,
- стиснення тіста до робочого тиску,
- течія в робочій камері,
- мірна камера заповнюється тістом,
- тиск стабілізування тіста,
- вихід куска тіста у заготовці,
- течія лишку тіста в приймальну лійку.

Дані операції можна поєднувати, послідовність їх змінювати та частково вилучати. Здійснення операцій в камері тістоділильної машини визначають її робочий процес.

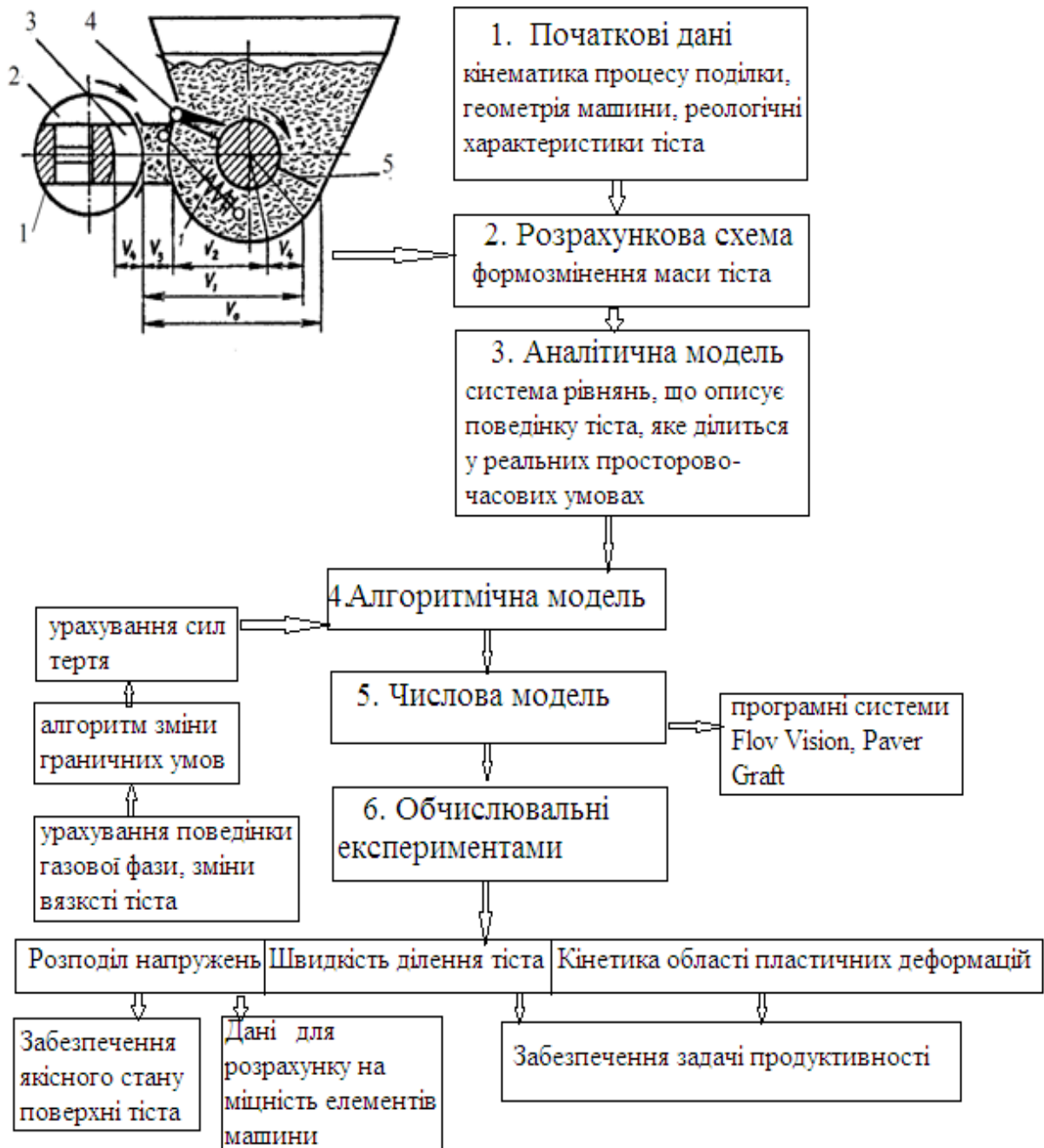


Рис. 3.2. Схема моделювання процесу розділення тіста на тістоділильній машині: 1 — мірна камера; 2 — подільна головка; 3 — заслінка; 4 — нагнітальний поршень; 5 — приймальна лійка; 6 — стабілізатор тиску.

Модернізація спрямована на зменшення об'єму робочої камери  $V_0$ . Відповідно створюються умови зменшення механічного впливу на реологічні та структурно-механічні характеристики тіста. Однозначно сприяє якості розділення маси тіста на заготовки. Проводимо розподілення усього об'єму



робочої камери на дільниці і позначимо їх через відповідне значення. Камеру стиснення заповнює тісто при стисканні до робочого тиску.

Об'єм стискання камери позначимо -  $V_1$ .

Об'єм тиску стабілізації -  $V_2$  спрямований на визначення об'єм тіста сприймаючий стабілізатором тиску.

Зміна значення  $V_2$  в більшу сторону краще впливає на тістоділильну машину.

Зменшення об'єму веде до відхиленням маси заготовки від норми.

Об'єм буферний  $V_3$ . Це частина робочої камери із залишковим тістом після робочого циклу.

Його збільшення підвищує механічний вплив на тісто. Крім цього не сталість у точності дози тіста. Надмірне збільшення об'єму буферного призводить до погіршення властивостей тіста та більшого енергоспоживання.

Об'єм мірної камер  $V_4$ . Вона призначена відмірювання масу шматків тіста. Після цього видачу їх у вигляді окремих заготовок. Він не входить в об'єм робочої камери. З'єднання проходить на час заповнення тістом. Потім проходить згідно циклу роз'єднання.

Тісто стискається і стабілізується до визначеного тиску перед заповненням мірних камер. При з'єднанні з мірними камерами проходить течія і переміщення тіста. Для цього при аналізі процесу робочого розглядаємо стан мірного об'єм в робочій камері.

Повертатися в приймальну лійку частина тіста з робочої камери присутне в середині робочого циклу. Метою в робочій камері стабілізації тиску є раціональним. Конструктивне нераціональне виконання здійснюється в кінці циклу. Об'єм тіста  $V_5$  є повернутий з робочої камері в приймальну лійку. Зростання  $V_5$  призводить до не раціонального збільшення навантаження. Крім цього послаблення структурно-механічних характеристик заготовок тіста.

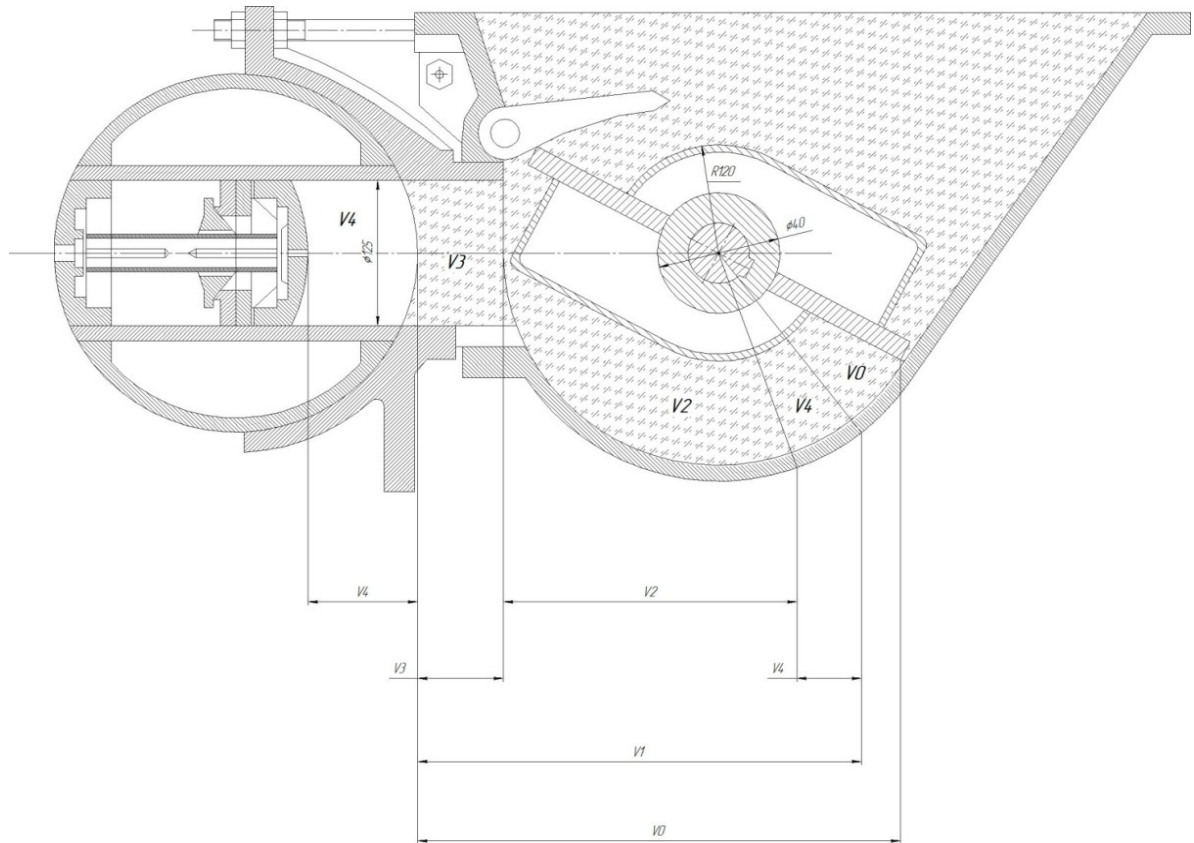


Рис. 3.3. Розрахункова схема робочої камери тістоділильної машини А2-ХТН

На основі вище викладене проводимо визначення усіх складових. Складові згідно рис.3.1 будуть використовуватися в подальшому.

визначаємо об'єм робочої камери:  $V_{\text{поч}} = V_2 + V_4$ ;

де  $V_2$ - об'єм стабілізації. Він визначається в залежності від конструкції і розмірів об'єму буферного;  $V_4$  – сумарний мірний об'єм камер.

Значення даних об'єктів змінюємо до оптимальних тисків в робочій камері. Він відповідає величині  $p_p = 0.08 \cdot 10^4$  Па. При цьому тиску реологічні властивості заготовки тіста мають найкращі показники. Процес поділки великою точністю відбувається. Визначення в робочій камері тиску, складаємо пропорцію:

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

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

Існуюча стара конструкція лопаті з робочим тиском  $P_p = 0,12$  мПа.

Об'єм камери робочої  $V_0 = 5.44 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ .

Об'єм робочої камери визначається за виразом:  $V_p = V_2 + V_4$ ;

$$V_2 = K_2 \cdot V_0;$$

тиск відповідає  $K_2 = 0.035$ .

При  $g = 0.45 \text{ кг}$

$V_4$  - становить,  $V_4 = 2 \cdot v_0 \cdot g_0$ ;

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

Стабілізаційний мінімальний тиск відповідає  $K_2 = 0.035$ .

При об'ємі заготовок максимальному:  $V_2 = K_2 \cdot V_0$ ;

Величину об'єму буферного визначається з різниці

$$V_3 = V_1 - V_2 - V_4;$$

Коефіцієнт об'єму буферного  $K_3$ , відзначає частину робочої камери зайнятим буферним:

$$K_3 = V_3/V_0$$

перевіряється справедливість розрахунку за рівнянням:  $K_1 = K_2 + K_3 + K_4$ ;

Проведені розрахунки подано в додатку А. Порівняння існуючого і модернізованого робочого об'єму камерами зображено на рис. 3.4.

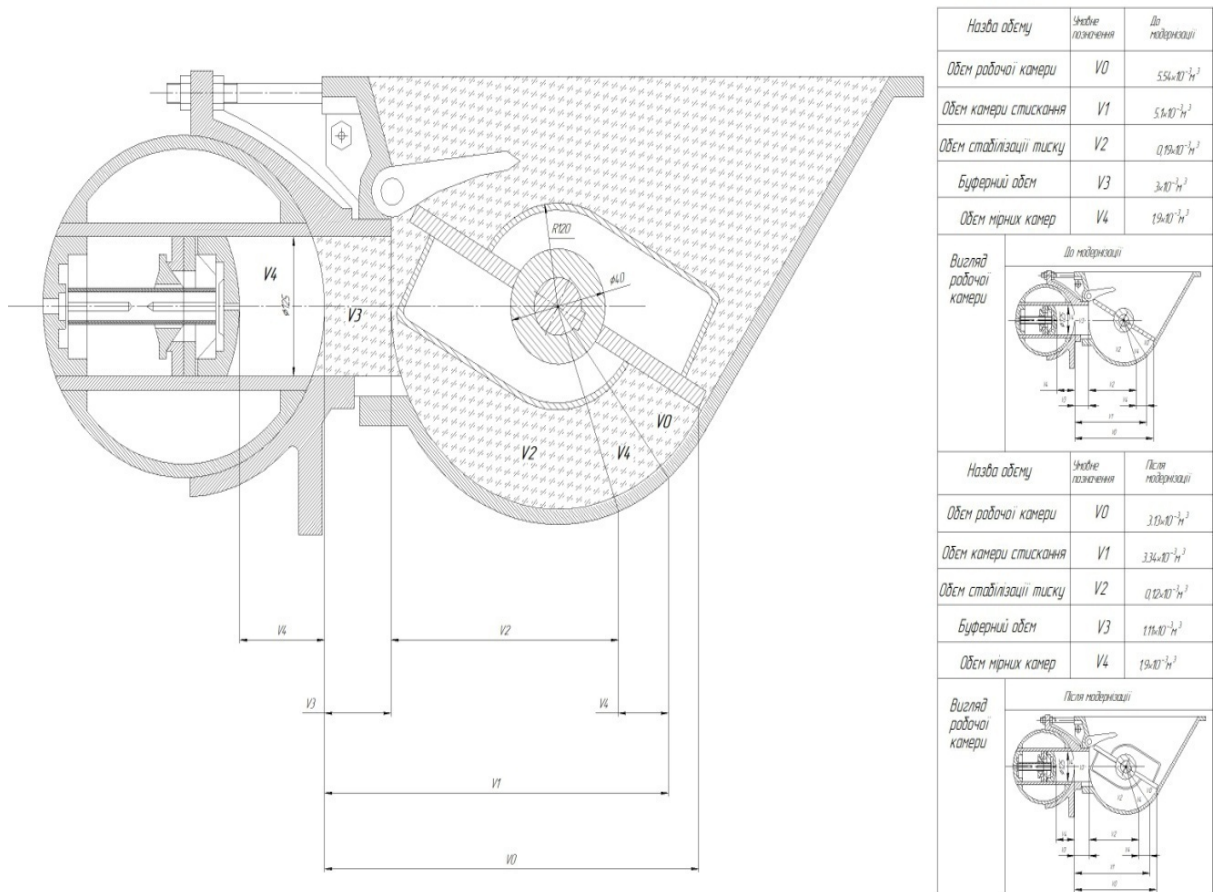


Рис. 3.4 Порівняння основних технічних характеристик робочої камери до і після модернізації

### 3.3.3. Використання статистичного моделювання у точності ділення тіста на заготовки батона

Точність поділу на заготовки залишається основним показником роботи машини А2-ХТН. Кінцевою метою визначення точності роботи подільної машин є оцінку їх роботи. Вона полягає у скороченні виробничих втрат при виготовленні штучної продукції. Виявлення у робочому процесі порушень технології. Порушення поділу тіста на шматки впливає на цілий ряд технологічних операцій. Вони супроводжуються масовою зміною заготовки і порушують гіротермічну обробку виробу. Тому масою готових виробів важко встановити етап зміни технологічного процесу. Операції відбулась зверх нормативної зміни. Згідно ГОСТ 6649-53 та ГОСТ 7127-54 відхилення маси

допустимі окремих виробів в кінці технологічного процесу визначаються. Тільки в охолоджених випечених виробках.

Відхилення маси максимальне десяти зважених одночасно виробів не повинно перевищувати 2,5 % маси номінальної. Для одного виробу — 3,0 %.

З ОСТ 27-31—78 похибка поділу подільних машин не повинна перевищувати 2 %. Маса заготовок становить від 0,4 до 1,8 кг. А для дрібно штучних — 3 %. Згідно паспортних даних показник точності не перевищує 2,5 %.

Виконана робота даного випадку при застосуванні математичної статистики служить у визначенні точності роботи подільної машини А2-ХТН. Як відмічалось в попередньому параграфі, що при точності роботи збільшення за випадку розрахованої маси заготовки, зменшується інтервал перебігу процесу. Відповідно на кожен вироблену тонну готової продукції батона одержано 1 кг економії борошна.

Вибірковий метод контролю для оцінки точності роботи подільної машини А2-ХТН, використовуємо. Вимірами охоплено лише частина виробів батона п. Ця частина у загальному повинна надійно відтворити достатні середні показники виробленого батона за зміну.

Коливання маси заготовок визначаємо за середньоквадратичним відхиленням виборки

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

де  $x$  — відхилення маси середньоарифметичне:

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

$$\Delta g = g_i - g_0$$

де  $g_i - g_0$  — маса заготовки виміряна (поточна). Також нормальна, або "нульова", г:

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

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

Точність роботи статистично подільної машини А2-ХТН характеризується коефіцієнтом варіації

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

Похибкою для визначення маси батона за вибіркою являється приблизною. Вона характеризується помилкою вибірки граничною

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

Середня помилка вибірки

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

пов'язана із залежністю  $\Delta = t\mu$ , де  $t$ .

де  $t$  — нормоване відхилення.

Експериментально підтверджено близькість розподілу похибок до нормального закону розподілу. Тому  $t$  може визначатися за допомогою інтегралу ймовірності

$$\Phi(t) = 0,389 e^{-0,5 t^2}$$

Задаючись ймовірністю  $\Phi(t) = 0,997$  знаходимо із таблиць відповідне значення нормованого відхилення  $t = 3$ . Це свідчить про граничну помилку вибірки в межах допустимих  $\Delta = 3\mu$ . Підстава отриманих величин служить для визначення вибірки, рівнянням

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

Середні значення упікання батона та його усихання є  $Y_1 = 9,8$ ,  $Y_2 = 3,9$  %.

Визначимо "нульове" значення маси виразом:

$$g_0 = (100 + 9,8 + 3,9) \frac{450}{100} = 477,35 \text{ г.}$$

Прийmemo граничну похибку змінної виробки  $\Delta = 3$  г. Середня маса батона не повинна відхилятися середньої маси сукупності генеральної більше ніж 3 г.

Визначення кількості виробів попередньо задаємося у виборці середньоквадратичним відхилення очікуваних значень маси заготовок  $\sigma$ . Проводимо контрольне визначення  $n_k$  . .

Нехай  $\sigma = 10$ , тоді

$$n = \frac{3^2 10^2}{3^2} = 100$$

Для спрощення підрахунків прийmemo  $n = 101$ . Отримаємо

$$\sum \Delta g = 1.82, \sum m (x - \Delta g)^2 = 3578$$

Середньоарифметичне відхилення батона- заготовки  $x = \frac{182}{101} = 1,80$  г,

Округлюємо,  $x=2$ г.

Середньоарифметична маса батона

$$g = g_0 + x$$

Підставивши отримані дані, знаходимо  $g = 477. + 2 = 479$ . г.

Середнє відхилення квадратичне батона

$$\sigma = \sqrt{\frac{3578}{101 - 1}} = 4 \text{ г.}$$

Коефіцієнт варіації

$$V = \frac{6 \cdot 100}{127} = 0,53\%$$

Використовуємо правило трьох сигм. Вважаємо з імовірністю 0,997 вибірки випадкова похибка. Абсолютна величиною не перевищує 3  $\sigma$ . В нашому випадку  $g = 3 \cdot 4 = 12$  г.

Максимальна й мінімальна маси одного батона вибірки дорівнює

$$g_{min} = 479 - 12 = 467 \text{ г}; g_{max} = 479 + 12 = 491 \text{ г.}$$

На практиці похибки роботи подільника визначаються у відсотках до нульової маси. Вказані відхилення граничні рівнозначні точності поділу:

$$\Delta g = \frac{3\sigma \cdot 100}{g_0};$$

$$\Delta g = \frac{3 \cdot 6 \cdot 100}{1137} = 1,6\%.$$

Фактична точність поділу по приведеним вимірам визначається так:

$$\Delta_{min} = \frac{g_0 - g_{min}}{g_0} 100\%;$$

$$\Delta_{max} = \frac{g_{max} - g_{min}}{g_0} 100\%$$

Підставивши, отримуємо

$$\Delta_{min} = \frac{1137 - 1125}{1137} 100 = 1.06\%;$$

$$\Delta_{max} = \frac{1157 - 1137}{1137} 100 = 1.76\%$$

### **3.4. Енергетичні втрат при діленні тіста на заготовки батона**

Конструктивні особливості подільних машини тіста на заготовки є досить складнішими у порівнянні з технологічним обладнанням хлібозаводів. Аналіз роботи параметрів робочої камери дозволяє оцінити її конструктивні елементи на якість роботи. Якість ґрунтується на точності дозування тіста-заготовки, його властивостями після деформацій, питомим споживання енергоресурсів, довговічність роботи та надійністю машин.

Однозначно не визначаються загальні витрати енергії на заміс. Завжди виникає запитання наскільки використовується якісно підведена енергія. Уточнимо поняття у нашому користуванні. Отримання буде використано величиною роботи питомої.

Проведемо позначення характеристики робочого процесу А2-ХТН

P0 — створений початковий тиск тіста в робочій камері. Він створений при закритті початку стискування;

P1 — максимальний тиск робочий камери стиснення;

P4 — тиск тіста мірної камери при від'єднання його стиснення від камери.

Менша різниця між P1 і P4 при досконалішій конструкції і робочого процесу.



Встановлення впливу конструктивних параметрів нагнітальної лопаті на тісто проводимо використання аналіз енергетичних витрат. Баланс роботи лопаті за один цикл подано в додатку.

Приймаємо наступні припущення при розрахунку енергобалансу:

-тертя в корпусі камери відсутнє. В корзині ділильна головка має силу тертя постійну.

- лопатевий нагнітальний тиск і заслонки рівномірно розподіляється;

- від маси тіста сумарний момент в бункері і робочій зоні камери рівний нулю;

- незначні сили інерції не зрівноважених мас, знехтуємо.

Основною задачею дослідження полягає встановити оптимальну робочу камеру на сприяння якісного поділу тіста на банон-заготовки.

Витрачена робота на стиснення тіста від  $P_0$  до  $P_1$  буде:

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

де  $K_1$ - коефіцієнт стиснення ущільненого тіста до робочого тиску:

$$K_1 = V_0 / V_1$$

Початковий і робочий об'єм  $V_0$  і  $V_1$ , відповідає  $P_0$  і  $P_1$ . Віг визначаються залежно робочого тиску діаграми [].  $P_0$  не враховується із-за малого значення.

Втрачену в подільній головці на стискування тіста - пряма пропорційна залежність середнього тиску в робочій камері та об'єму до обернено пропорційного коефіцієнту ущільнення тіста при стискуванні робочого тиску  $P_1$ . Рівняння використовується для раціонального розрахунку об'єму камери.

При переміщенні тіста робота витрачається на подолання сил опору в робочій камері:

$$A = Fl \cdot \sigma$$

де:  $F$ -поверхня переміщення тіста в робочій камері;

$l$ - переміщення по довжині тіста за один цикл;

$\sigma$ - напруга зсуву гранична тіста, Па.

Наша лопать:

$$A_2 = \frac{\varphi^2 \cdot \sigma}{2} (R + r)^2 (R - r + b)$$

де:  $\varphi^2$  - нагнітання кут, рад;  $v$ - ширина нагнітальної камери, м;  $R$  і  $r$  – радіуси лопаті і барабану нагнітального, м.

Витрачена на стабілізацію тиску робота:

$$A_3 = P_1 \cdot F_l \cdot \varphi_3 \frac{R + r}{2}$$

Де:  $F_l$  - нагнітальної площа лопаті;  $\varphi_3$ - нагнітача кут повороту при спрацюванні стабілізатора.

Привід подільної головки витрачений роботою

$$A_4 = (\omega^2 \cdot I_r + M_c) \varphi_4$$

де:  $\omega$  – швидкість обертання кутова головки рад\с;

$I_r$  - інерції момент головки:

$$I = \frac{m_r \cdot r_2^2}{2},$$

$r_2$ - кривошипний радіус головки;

$m_r$  – маса головки,  $m_r = G_r/g$  ( $m_r = 30$  Кг);

$M_c$ - момент приведений до осі кривошипа від зовнішніх навантажень. Зусилля, прикладене до головки при повороті. Максимальна частина циліндричної поверхні головки дотикається до тіста має відповідно момент:

$$M_c = R_r \left( p_{mp} + \frac{\pi D^2}{4} \tau \right)$$

Де:  $R_r$ - радіус подільної головки;

$\tau$ -напруження зсуву тіста при переміщенні, Па;

$D$ - діаметр мірної кишені.

Робота  $A_4$  :

$$A_4 = (\omega^2 \cdot I_r + R_r \left( p_{mp} + \frac{\pi D^2}{4} \tau \right)) \varphi_4$$

Робота  $A_5$  витрачена на повернення тіста з робочої камери в приймальну лійку розраховується:

$$A_5 = F_l \cdot \sigma$$

$F_5$ - площа приймальної лійки, м<sup>2</sup>;

Робота  $A_6$ , на переміщення нагнітача в робочій камері подільника А2-ХТН

$$A_6 = (\omega^2 \cdot I_6 + M_6) \varphi_6,$$

де:  $\omega$  - кутова швидкість барабана, рад/с;  $I_6$ - момент інерції маси нагнітального барабана відносно осі обертання;  $I_6 = md^2/6$ ;  $M_6$ -момент від зовнішніх навантажень, тобто зусилля прикладеного до лопаті при обертанні її в тісті,

$$M_6 = b \frac{R^2 - r^2}{2} (p_{l1} + p_{l2}) + \pi \left( \frac{180 - \varphi_l}{180} \tau_1 + \tau_2 \right) \left[ bR^2 + (R^2 - r^2) \sqrt{\frac{R^2 - r^2}{2}} \right]$$

$\varphi_6$ - поворотний кут лопаті, по колу,  $\varphi_6 = 2 \cdot \pi - \varphi_3 - \varphi_4 - \varphi_5$ ;

Робота :  $A_6 = (\omega^2 \cdot I_6 +$

$$M_6 = b \frac{R^2 - r^2}{2} (p_{l1} + p_{l2}) + \pi \left( \frac{180 - \varphi_l}{180} \tau_1 + \tau_2 \right) \left[ bR^2 + (R^2 - r^2) \sqrt{\frac{R^2 - r^2}{2}} \right] ) \varphi_6$$

де:  $b$  – ширина камери, м;  $R$  – радіус її барабана, м;  $r$  – радіус ступиці лопаті, м;  $p_{l1}$  – тиск на робочу і  $p_{l2}$  не робочу лопать, Н/м<sup>2</sup>;

$\tau_1, \tau_2$  – напруження зсуву тіста при переміщенні його лопаттю, Па.

Робота  $A_7$ , спрощено визначаємо через потужність  $N_7$ , потрібну становить 80-150 Вт.

$$A_7 = N_7 \cdot \tau_{ц};$$

де:  $\tau_{ц}$ - тривалість циклу, 2,1 с.

Приводна потужність це віднесення значення роботи до часу її виконання. Тому у відповідності з циклограмою, вважаючи ККД редуктора рівним 1, а внутрішніх передач - орієнтовно 0.86:

$$N = A/\tau \cdot \eta;$$

Враховуючи роботу подільної машини А2-ХТН, приймаємо:

$$N_{дв.} = 1.5 \cdot N;$$

## 4. Математичний підхід визначення КПНЛ

### 4.1. Визначення зміни моменту на валу лопаті

Враховуючи, що розроблена конструкція лопаті відіграє важливу роль при споживанні потужності, необхідно обґрунтувати залежність моменту від конструктивних параметрів. При вирішенні рівняння взято дані модернізованої та існуючої робочої камери.

$$M_6 = b \frac{R^2 - r^2}{2} (p_{n1} + p_{n2}) + \pi \left( \frac{180 - \varphi}{180} \tau_1 + \tau_2 \right) \left[ bR^2 + (R^2 - r^2) \sqrt{\frac{R^2 - r^2}{2}} \right]$$

В залежності від кута повороту, якості циклу розділення маси тіста на заготовки, розглянуто відносно початку робочого циклу зміну моменту заслінки. Дані взято при розділенні маси кусків тіста 0.490 кг. Дані розрахунків зведено в таблицю 2.

Таблиця 4.1

Крутний момент лопаті

Крутний момент лопаті	кут повороту заслінки											
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
До модернізації	2.35	2.50	5.68	6.75	6.06	7.50	7.80	2.34	2.05	1.75	1.91	2.0
Після модернізації	1.8	1.75	4.9	5.0	5.4	6.2	6.4	1.8	1.62	1.42	1.05	1.08

Враховуючи розрахункові дані моментів, побудуємо графік. Графічні дані дають можливість встановити залежність зміни кута на встановлення можливості вибрати радіус  $r_2$  оптимальний.

Тісто піддається в процесі розділення інтенсивному обжиманню, що із графіків видно. Привід одержує в машині значні навантаження коливальні. Існуюча лопать особливо це відтворює при спостереганні у використанні в машині.

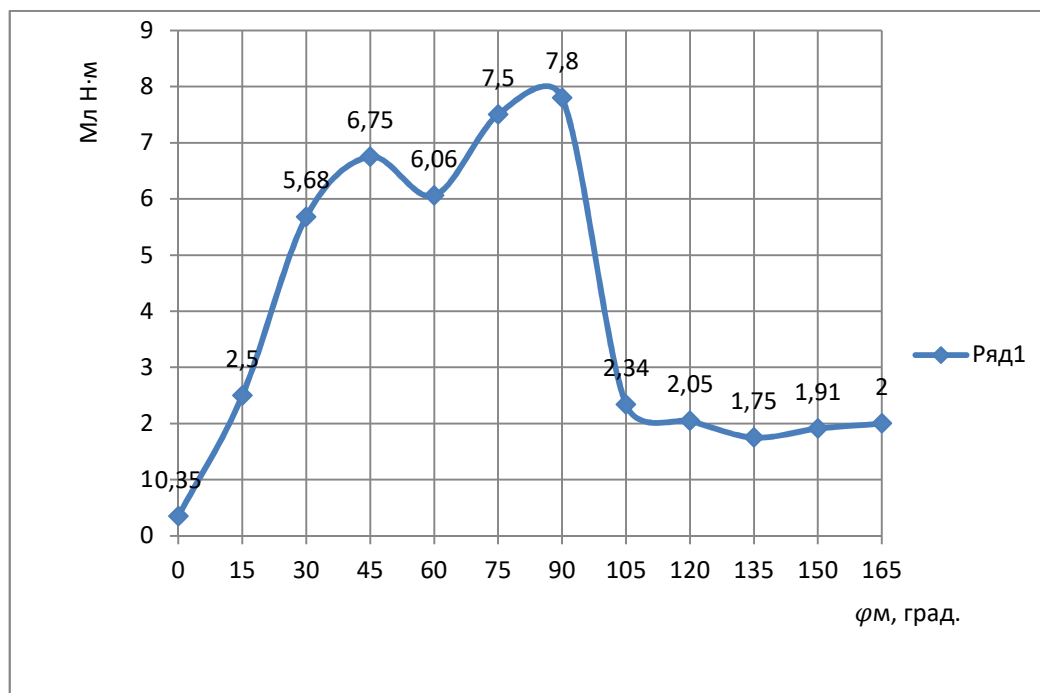


Рис. 4.1. Зміни моменту на валу старої лопати

Досить відчутні коливання пояснюються об'ємом тіста в робочій зоні камери. Крім цього впливає об'єм стакана у момент повністю опущеної заслінки. Він складається до  $6000 \text{ см}^3$  і об'єму тіста- заготовки батона  $-1050 \text{ см}^3$ . З попереднього розгляду в бункер більше 80% тіста повертається. Тісто при цьому одержує додаткові деформації обжимання з тиском до  $1,8 \cdot 10^5 \text{ Н/м}^2$ . У модернізованій камері з новою лопаттю таких не спостерігається навантажень.

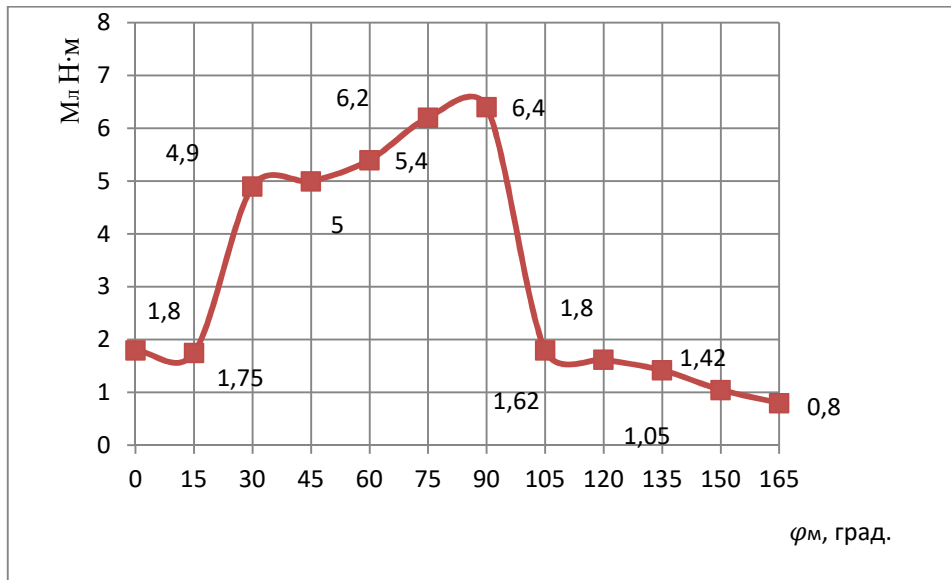


Рис. 4.2 Зміни моменту на валу нової лопаті

Більш наглядний розподіл тиску подано на рис.4.3. Побудований розподіл в зоні через 15° повороту нагнітальної лопаті тиску в робочій камері. Поворот лопаті нагнітальної на кут 20° (рис.3.4) доводить, що частина тіста стискається. Від стискання зростає тиск, але він значно нижчий від існуючого при старих лопатях. При куті лопаті у 55° проходить в мірній кишени наповнення тіста і спад тиску. Менші навантаження відчуває двигун машини.

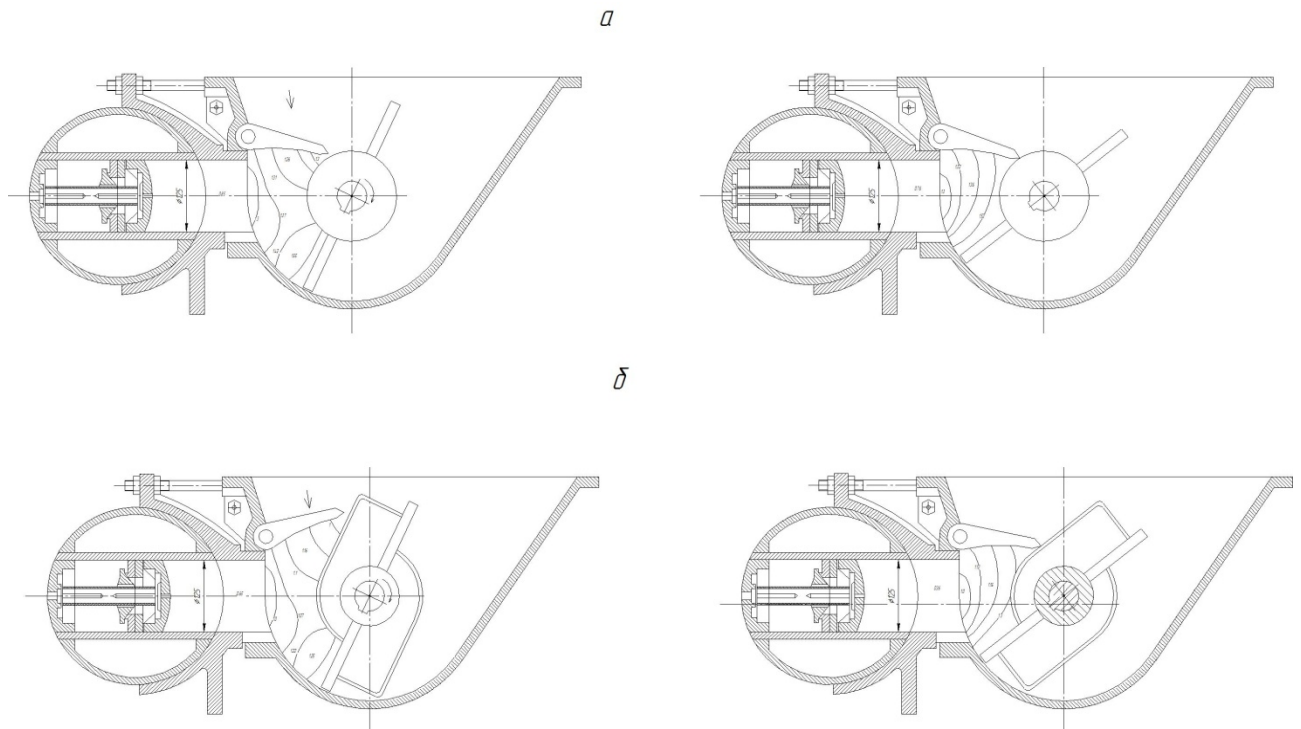


Рис. 4.3 Розподіл в РК тиску: до (а) і після (б) модернізації лопаті

Проведений аналіз дослідних розрахунків встановлює значення крутних моментів. Їх значення чітко регламентуються кутом положення лопаті. Тому при найкращих конструктивних параметрах нагнітальної лопаті спадає тиск на тісто. По параметрах тиску можна визначити споживану потужність через крутний момент.

#### 4.2. Визначення впливу крутного моменту на перевантаження електродвигуна

Середньою квадратичною потужність визначаємо при виконанні робіт  $A_1, A_2$  і  $A_3$ . Вона залежить від моменту на валу приводу нагнітальної лопаті. Тому її визначення за циклограмою з урахуванням тривалості впливу:

$$M_1 = \frac{30 N}{\pi n};$$

$$M_1 = \frac{30 \cdot 314,5}{3,14 \cdot 1410} = 3,57 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Оскільки велике передаточне число система приводу має (48.6) при вихідному валу – низьку частоту обертання. Навантаження максимальне розрахункове можна знайти за формулою:

$$M_{max}^D = \frac{2(M_{max} - M_c)I_1}{I_1 + I_2} + M_c,$$

де  $M_{max}^D$  - момент електродвигуна максимальний приведений пусковий. Визначається підставою паспортних даних:

$$M_{max}/M_H = 2;$$

де:  $M_H$  – момент номінальний, електродвигуна:

$$M_H = \frac{30 N_D}{\pi n};$$

$$M_H = \frac{30 \cdot 1100}{3,14 \cdot 1410} = 7,45 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{max} = 2 \cdot 7,45 = 14,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$I_1$  та  $I_2$  – приведені інерції моменти ланок ведучої і веденої двох масової системи. Для електродвигуна 4А  $I_1 = 0,048 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ ;  $I_2$  - приведений веденої маси

барабана момент,  $I_2 = 0,056 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ ;  $M_c$ - приведений статичних момент навантажень,  $M_c = 2,81$ .

$$M_{max}^D = \frac{2/14,9 - 2,81/0,048}{0,048 + 0,056} + 2,81 = 13,91 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

Максимальне електродвигуна перевантаження

$$M_{max}/M_H = 13,91/7,45 = 1,87.$$

Можна вважати вибраний електродвигун (існуючий) відповідає вимогам експлуатації. Встановлене після її модернізації максимальне перевантаження менше допустимого машини. Тому при роботі не буде динамічного перевантаження.

### 4.3. Обґрунтування технологічних та конструктивних параметрів А2-ХТН

Робочий процес подільної машини А2-ХТН для тіста з пшеничного борошна 1 гатунку. Розглянуті дані (див 2.1, 3.2) із теоретичним аналізом та відомими експериментальними даними наших дослідження дозволяють провести обґрунтування параметрів. Вони спрямовані по забезпеченню раціонального режиму робочої камери подільника. Для цього приймаємо такі вихідні дані: робочий тиск в камері стиснення. Він відповідає максимальному тиску при стискуванні тіста  $p_1 = 0,08 \text{ Па}$ .

Початковий тіста тиск створюється в мить закриття в робочій камері перед початком стискування  $p_0 = 0,05 \cdot 10^4 \text{ Па}$ .

Розмір робочої камери  $R = 0,175 \text{ м}$ ,  $r = 0,120 \text{ м}$ ,  $b = 0,250 \text{ м}$ .

Об'єм робочої камери  $V_0 = 3,34 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ .

Напруження зсуву тіста  $\sigma = 300 \text{ Па}$ .

Кут нагнітання  $\varphi_2 = 1,49 \text{ рад}$ .

Дані розрахунки по визначенню основних параметрів (див. додаток А) зводимо в таблицю 4.2. Графічне зображення подано на графіку (рис.4.4).

Таблиця 4.2.



### Впливі робочого тиску на зміну об'єму робочої камери

№ П/п	$V_{p \text{ поч.}}$			$P_p$
	$V_2$	$V_4$	$V_p$	
1	0,19	0,19	2,09	0,12
2	0,177	0,19	2,077	0,11
3	0,174	0,19	2,074	0,10
4	0,158	0,19	2,058	0,096
5	0,14	0,19	2,042	0,093
6	0,11	0,19	2,01	0,08

за рівнянням справедливості розрахунку перевіряємо:  $K_1 = K_2 + K_3 + K_4$ ;

$$K_1 = 0.035 + 0.332 + 0.56 = 0,927$$

із значенням зіставляючи, знайденим з залежності  $K_1 = v_0/v_1$  ( $K_1 = 0,940$ ),

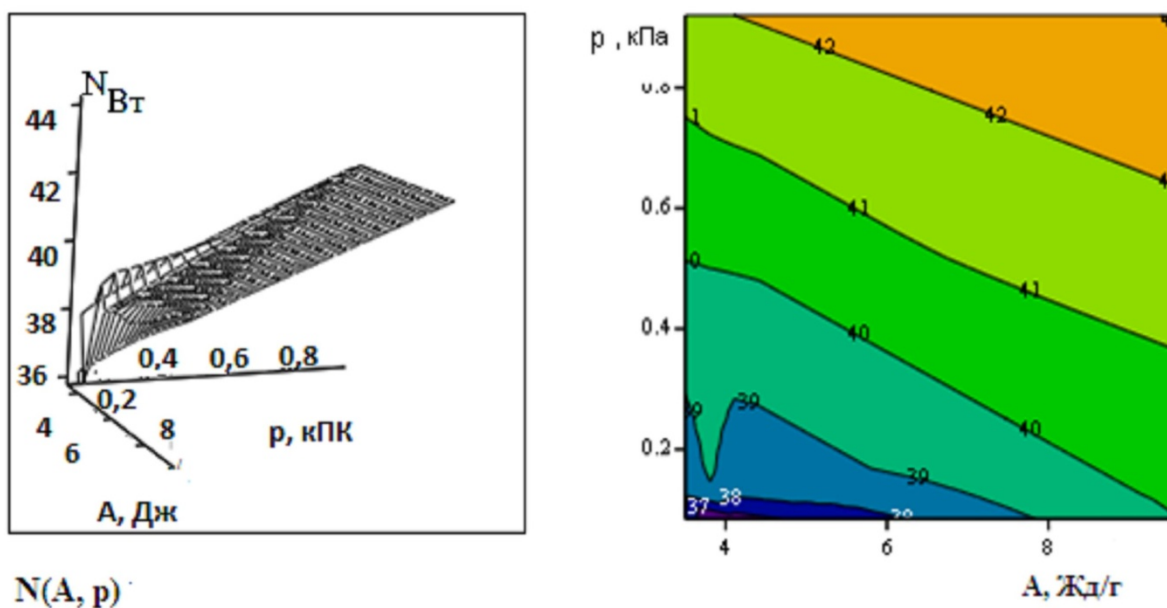


Рис. 4.4 Тривимірний графік залежності потужності від тиску і роботи при розділенні тіста на заготовки.

Висновок: є достатньою збіжність розрахунку.

#### 4.3.1. Вплив рівня стискування тіста на його якість і точність ділення

Під час розділення характер зміни рівня стиснення маси тіста при різних конструктивних значеннях лопаті відрізняються один від одного. Це підтверджено швидкою зміною структури тіста. Величина перепаду тиску за таких умов виникає. Як наслідок, бульбашок повітря, прискорення розчинності. Також збільшення пружних властивостей тіста. Змінюється об'єм із зростанням пружних властивостей тіста постійно. У зв'язку з актуальним питання є вивчення функціональної залежності  $p = f(V)$  для основних сортів хлібного тіста. Одночасно і вплив механічної дії нагнітальної лопаті на їх якість. Це доводить мету обґрунтування раціональних параметрів.

Зміни об'єму у порівняльному аналізі стверджує про те, що можна впливати на процес суттєво розділення. Зміни об'єму з оптимальними показниками досягаються в кінці процесу при  $p = 0.8$  МПа. Це свідчить про якість тіста. При розділенні дотримання рівня стискання тістової маси поліпшує якість готових виробів. Питомий об'єм тіста  $300 \text{ см}^3/100 \text{ г}$ . Пористість  $77 \%$ . Порівняння цих даних тіста розділеного при допомозі модернізованій лопаті спостерігається поліпшення якості. Тобто питомий об'єм максимально збільшився на  $22 \%$ , пористість – на  $4\%$ . Вплив кінцевого значення тиску на якість тіста характеризують даними таблиці 4.3.

Таблиця 4.3.

Вплив тиску на якісні показники тістової заготовки батона

Показники якості	розділення при тривалості $\tau_{\text{зам}} = 3.5$ хв. і радіусі		
	$P = 1.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$P = 1.6 \cdot 10^5 \text{ Па}$	$0.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Питомий об'єм $\text{см}^3/100 \text{ г}$	300	320	360
Пористість, %	77	79	80

Отримані заготовки є у лінійній залежності і мають зміни у тривалості вистоювання. Підтверджено, що починаючи з перших хвилин, зміна відбувається до 20 хв майже для всіх. Після 20 хв крива (в) при тиску  $0.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$  процес вистоювання показує швидший період. Це досягає свого максимуму за 45 хв. Тривалість вистоювання заготовки батона значно збільшується. Вона

через 70 хв. при тиску  $1.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$  досягає своїх оптимальних показників.

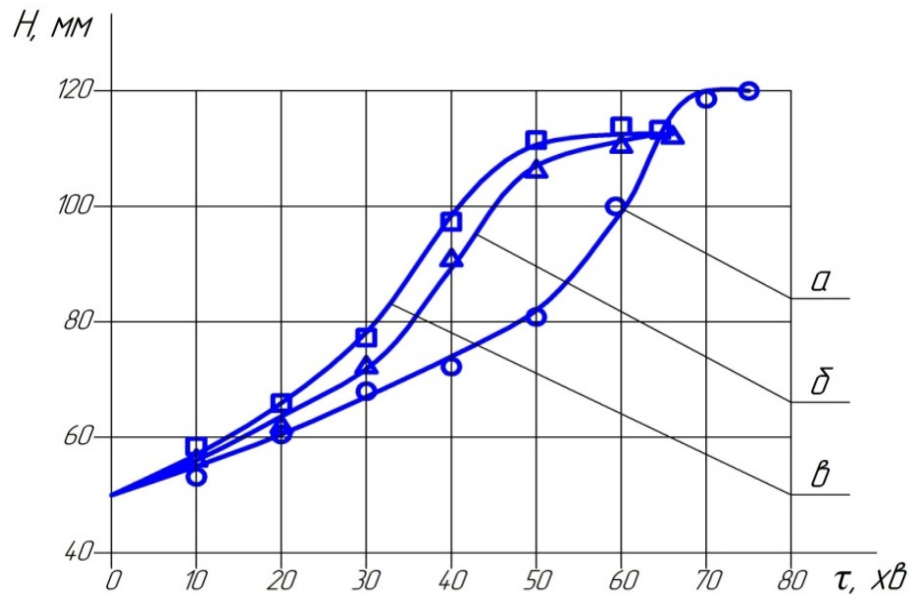


Рис. 4.5. Зміна висоти вистоювання тіста-батона від тривалості при різних значеннях тиску: а –  $P=1.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ; б –  $P=1.6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ; в –  $P=0.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$ .

Таблиця 4.4

Вплив вистоювання на якісні показники заготовки батона

Показники якості	Замішане тісто при тиску								
	$P=1.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$			$P=1.6 \cdot 10^5 \text{ Па}$			$0.8 \cdot 10^5 \text{ Па}$		
Тривалість вистоювання, хв.	50	60	70	45	50	60	40	45	50
Питомий об'єм $\text{см}^3/100 \text{ г}$	306	350	394	320	360	380	343	368	411
Пористість, %	74	81	82	75	81	82	78	80	83

Аналізуючи результати проведених експериментів стискування (рис. 4.5 та табл. 4.4) вказують або стверджують одновісьове розтягування тіста. Це впливає не однозначно на його структуроутворення. Плавність на початковому етапі і пізніше процесу розділення важливу роль відіграє. Із таблиці 4.4 видно, що якість майже усіх заготовок збігається. Різна тривалість, що на виробництві дуже важливо. Відповідно: скорочення технологічного циклу; зниження витрати борошна; збільшення виходу високої якості готової продукції при збереженні їх.

#### 4.4. Ключові підходи енергетичних перетворень при якісному розділенні тіста

Фізична модель є основою для математичної моделі. Вона описує характерні процеси у робочій камері тістоділильної машини. При цьому основні дані враховувалися вихідних компонентів. Однозначно, фізична структурних складових зміна. Вимоги до кінцевої продукції з однієї сторони, а енерговитрати поділення тіста на батоні заготовки вимагають значень оптимізації. Тому геометрія лопаті й технічні можливості подільної машини впливають на цю оптимізацію. Враховує умови процесу розділення тіста на заготовки. Зазначених в третьому розділі умов роботи тістоділильної машини з модернізованою лопаттю процес має великі зменшення у затратах питомої роботи .

Із перспектив зменшення втрат продукції залишається оптимізація технологічних процесів з критерієм енергетичного. Сюди - зменшення втрат та споживання теплової й електричної енергії. Досягнення даного ефекту спрямовано кожного етапу технологічного процесу в перетворенні матеріального потоку, що ґрунтується мінімізації теплової енергії й хімічних зв'язків. Забезпечення відповідності режимів, циклів обробки тіста конструктивними формами і параметрами робочого органу.

У більшості випадків може бути той факт, що не враховувались втрати при визначенні оптимальних фізико-хімічних зв'язків. Дослідження доцільності певних технологічних і конструктивних параметрів проведено з точки зору збільшення виходу кінцевої продукції. Тому у різних технологічних схемах розділення тіста з енергетичної точки зору проведено не було. На основі викладеного віднесено наступні завдання:

- аналіз фізичних процесів тіста при його нагнітанні;
- енергетична оцінка ресурсів і шляхи їх зменшення;
- удосконалення лопатевого вузла нагнітання з суміщенням в часі затягування, стискання та нагнітання тіста;
- визначення впливу факторів робочого процесу на температурні потоки;

- дослідження течії та температурних потоків.

Процес часткового перетворення вхідного тіста при дії лопаті полягає в зміні загальної внутрішньої енергії матеріального потоку. Виділена енергія може бути при руйнуванні хімічних зв'язків під час впливу на тісто. Сюди належить комплекс деформацій, що витрачається на утворення хімічних зв'язків і втрачається в навколишньому середовищі.

Теоретичні дослідження при робочих процесах нагнітання тіста показали не завжди доцільно використовувати реологічні залежності. Літературні джерела, що пов'язані із зміною температури оброблюваного тіста, свідчать про відсутність альтернативних досліджень. Складністю процесів пояснюється у вузлі подачі тіста робочими лопатями машини А2-ХТН.

Дана магістерська робота є спрямована розробленню узагальненої моделі процесу дії на тісто. Тобто, на отримання конструктивних, енергетичних характеристик та шляхів ефективності роботи машин при деформації.

Проведеними дослідженнями вироблялась доцільність підтвердити систему теоретичних поглядів опису зміни, які приходять при роботі. Удосконалення конструкції на розумінні нюансів лопаті забезпечують раціональність параметрів тісто розділення й оптимізації його конструктивного виконання.

## **5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **5.1. Заходи з охорони праці при виробництві батонів на ТОВ «Тенопільхлібпром»**

Управління охороною праці в країні поділяється на рівні:

- загальнодержавний;
- регіональний (обласний, районний, міський, районний у місті, селі);
- галузевий;
- виробничий (рівень підприємств).

Державне управління охороною праці здійснюють:

- Кабінет Міністрів України;
- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки;
- міністерства та інші центральні органи державної виконавчої влади;
- місцева державна адміністрація, органи місцевого самоврядування.

Кабінет Міністрів України:

- забезпечує реалізацію державної політики в галузі охорони праці;
- подає на затвердження Верховної Ради України загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;
- спрямовує і координує діяльність міністерств, інших центральних органів виконавчої влади щодо створення безпечних і здорових умов праці та нагляду за охороною праці;
- запроваджує єдину державну статистичну звітність з питань охорони праці.

З метою координації діяльності органів державного управління охороною праці створюється Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення, яку очолює віце-прем'єр-міністр України. Державний нагляд за додержанням законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці здійснюють:

- Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки (Держпромгірнагляд);

- спеціально уповноважений державний орган з питань радіаційної безпеки;
- спеціально уповноважений державний орган з питань пожежної безпеки;
- спеціально уповноважений державний орган з питань гігієни праці.

Органи державного нагляду за охороною праці не залежать від будь-яких господарських органів, суб'єктів підприємництва, об'єднань громадян, політичних формувань, місцевих державних адміністрацій та органів місцевого самоврядування, їм не підзвітні й не підконтрольні.

Діяльність органів державного нагляду за охороною праці регулюється Законами України "Про охорону праці", "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку", "Про пожежну безпеку", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", іншими нормативно-правовими актами та положеннями про ці органи. Спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з нагляду за охороною праці (зараз цим органом є Державна служба гірничого нагляду та промислової безпеки Держпромгірнагляд МНС України):

- здійснює комплексне управління охороною праці на державному рівні, реалізує державну політику в цій галузі та здійснює контроль за виконанням функцій державного управління охороною праці міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями та органами місцевого самоврядування;

- розробляє за участю міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, Фонду соціального страхування від нещасних випадків, всеукраїнських об'єднань роботодавців та профспілок загальнодержавну програму поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і контролює її виконання;

- здійснює нормотворчу діяльність, розробляє і затверджує правила, норми, положення, інструкції та інші нормативно-правові акти з охорони праці або зміни до них;

- координує роботу міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, підприємств, інших суб'єктів підприємницької діяльності в галузі безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

- одержує безоплатно від міністерств, інших центральних органів виконавчої влади, Ради міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих державних адміністрацій, органів статистики, підприємств, інших суб'єктів підприємницької діяльності відомості та інформацію, необхідні для виконання покладених на нього завдань;

- бере участь у міжнародному співробітництві та в організації виконання міжнародних договорів, згода на обов'язковість яких надана Верховною Радою України, з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, вивчає, узагальнює і поширює світовий досвід з цих питань, опрацьовує та подає у встановленому порядку пропозиції щодо вдосконалення і поступового наближення чинного законодавства про охорону праці до відповідних міжнародних та європейських норм.

Рішення, прийняті спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці в межах його компетенції, є обов'язковими для виконання усіма міністерствами, іншими центральними органами виконавчої влади, місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування, юридичними та фізичними особами, які відповідно до законодавства використовують найману працю.

Діяльність місцевих державних адміністрацій спрямовується на те, щоб у повсякденному житті набував практичного змісту та підтверджувався найголовніший принцип державної політики — пріоритет життя і здоров'я працівників. В умовах переходу до ринкової економіки, створення численних підприємств та інших господарств з недержавними формами власності, що не мають галузевого підпорядкування, незмірно зростає значення місцевих органів державної виконавчої влади в організації безпечних і здорових умов праці, усуненні причин виробничого травматизму та професійних захворювань.



Законами "Про місцеві державні адміністрації" та "Про місцеве самоврядування" передбачено, що захист прав, свобод і законних інтересів громадян є одним з головних принципів, на яких ґрунтується місцеве та регіональне самоврядування. Отже, порушення цих прав, пов'язане з невиконанням вимог законодавства про охорону праці, є об'єктом та предметом діяльності місцевих державних адміністрацій та місцевого самоврядування.

Потреба в кондиційованому повітрі для процесу виробництва батонів з параметрами:  $t=80^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi=28\%$ ;  $d_1=9$  г/кг;  $I_1=8,1$  ккал/кг подається в простір шафи вистоювання для кінцевого вистоювання та видалення тепла і вуглекислоти, що виділяються в процесі бродіння.

Кількість тепла:  $Q=420/32*0,86*0,057*42.83*1000=146966.86$  ккал/добу, або 612362 ккал/год., :

32 - тривалість процесу вистоювання в одному шкафу;

0,86 (86%) - сухі речовини;

0,057 (5,7%) - втрати сухих речовин в процесі бродіння;

42.83 - виділення тепла в розрахунку на 1 кг витрат сухих речовин, ккал.

Тепло, що виділяється, витрачається на підігрів повітря, яке проходить в шафі і має параметри на виході:  $T=17^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi_2=80\%$ ;  $d_2=10,0$  г/кг;  $I_2=10,2$  ккал/кг

$$Q=L*1,20(I_2-I_1)$$

L- кількість повітря, м<sup>3</sup>/год.

$$L=612362/1,2(I_2-I_1)=612362/1,2(10,2-8,1) = 243000 \text{ м}^3/\text{год}$$

Передбачено оснащення шафи А2-ХРЗ-120 двома вентиляторами продуктивністю по 120000 м<sup>3</sup>/год.

## **5.2. Заходи захисту працівників на ТОВ «Тенопільхлібпром»**

### **Вступ**

Цивільний захист (ЦЗ) являє собою систему організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів, які здійснюються центральними і місцевими органами виконавчої влади, органами

місцевого самоврядування, підпорядкованими їм силами і засобами, підприємствами, установами та організаціями незалежно від форми

власності, добровільними рятувальними формуваннями, що забезпечують виконання цих заходів з метою запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС), які загрожують життю та здоров'ю людей, завдають матеріальних збитків у мирний час і в особливий період.

Площа території підприємства ТОВ «Тенопільхлібпром» складає 3000 м<sup>2</sup>. Висота будівель не перевищує 8 метрів. Найвища споруда підприємства – труба–димар котельні висотою 30 м, збудована із цегли. Одне з головних завдань цивільного захисту на підприємстві - це проведення заходів, що спрямовані на підвищення стійкості об'єкту в НС природного і техногенного характеру. Під стійкістю роботи промислового об'єкту розуміють його здатність в умовах цих НС випускати продукцію в запланованому об'ємі і номенклатурі, а при отриманні слабких і середніх руйнувань і порушень зв'язку по кооперації і постачанню відновлювати виробництво в мінімальні терміни.

Перераховані фактори визначають собою і основні, загальні для всіх об'єктів народного господарства, шляхи підвищення стійкості роботи в НС природного і техногенного характеру, а саме:

- забезпечення надійного захисту робітників і службовців від уражаючих факторів стихійних лих та техногенних катастроф;
- захист основних виробничих фондів від уражаючих факторів;
- підвищення надійності і оперативності управління виробництвом;
- забезпечення стійкості постачання всім необхідним для випуску продукції, та підготовка до відновлення порушеного виробництва .

Причини стихійних лих і виробничих аварій різні. Пожежі, наприклад, виникають не тільки в результаті дій сил природи, але й в наслідок недотримання населенням правил протипожежної безпеки. Зсуви і обвали виникають деколи при будівельних і господарських роботах, що виконуються без врахування геологічних умов місцевості. Виробничі аварії переважно стаються із-за порушень технологічних процесів і правил техніки безпеки. Стихійні лиха і виробничі аварії небезпечні своєю

раптовістю. Однак руйнівним наслідком їх можна запобігти або значно зменшити, якщо будуть прийняті попереджувальні заходи.

Успіх дій формування ЦЗ в НС природного і техногенного характеру в значній мірі залежить від своєчасної організації і проведення розвідки і від того, наскільки при цьому будуть враховані конкретні умови. При виробничих аваріях уточнюються: ступінь і об'єм руйнувань та можливість проведення робіт без індивідуальних засобів захисту; наявність руйнувань, які можуть ускладнити обстановку чи призвести до збільшення наслідків аварії; місце скупчення людей, ступінь загрози для їх життя; стан електричних і комунально-енергетичних мереж. При аваріях, пов'язаних з витіканням (викидом) НХР визначаються: місце аварії; метеорологічну обстановку; зону забруднення та напрямок поширення НХР; тип НХР; місце скупчення людей та ступінь загрози для їх життя; тип засобів індивідуального захисту та способи ліквідації аварії; шляхи можливої евакуації і способи її проведення.

При НС природного і техногенного характеру в районах стихійних лих, місцях виробничих аварій та зонах забруднення в першу чергу виконуються заходи, пов'язані з проведенням рятувальних робіт, відверненням виникнення можливих вторинних причин, які здатні викликати загибель людей і знищення матеріальних цінностей. Роботи проводяться до повного їх завершення. Стійкість роботи ТОВ «Тенопільхлібпром» при НС природного і техногенного характеру визначається ступінню його підготовки (людей і інженерно-технічного комплексу) та заходами захисту, що повинні забезпечити безперебійний випуск продукції.

На будівлі хлібозаводу та окреме технічне обладнання можуть чинити вплив землетруси. Землетруси - це сильні коливання земної кори, викликані тектонічними або вулканічними причинами, що призводять до руйнувань споруд, будівель та людських жертв. Для захисту від землетрусів завчасно визначаються сейсмічні та небезпечні зони в різних регіонах держави, тобто проводиться сейсмічне районування. Однак існує ймовірність того, що будівлі та споруди підприємства можуть піддаватися дії ураганного вітру,

хоча на даній місцевості ніколи не було зареєстровано вітру силою 12 балів по шкалі Боформа. Сучасні методи прогнозу погоди дозволяють за декілька годин і навіть дів попередити населення про насування такого стихійного лиха. При проектуванні заводу була врахована так звана „роза вітрів”, що дозволило розмістити будівлі і споруди заводу по критерію найбільшої стійкості дії такого природного явища, як вітри ураганної сили. Найбільшого ушкодження може зазнати тільки димар котельні, однак місце його розташування не дозволяє спричинити ушкодження інших будівель, а тим більше, не загрожує здоров'ю та життю людей. Завод може працює без припинення випуску продукції. В найбільш важких випадках надійним захистом працівників заводу являється використання захисних споруд (сховищ, ПРУ, підвалів, будівель). Для захисту хлібозаводу від пожеж, що викликані стихійними лихами (блискавки, замикання електропроводки внаслідок пошкодження магістралей і т.п.) використовуються громовідводи, автоматичні системи відключення, системи автоматичного пожежогасіння, а також первинні засоби пожежогасіння.

Наслідками виробничих аварій і катастроф на хлібозаводі, як правило являються пожежі і вибухи, в результаті яких руйнуються виробничі будівлі, пошкоджуються техніка і обладнання. В ряді випадків вони викликають загазованість повітря. Найбільш часто вибухають котли і балони, що знаходяться під високим тиском. Особливу небезпеку являють вибухи газоповітряної суміші в теплових та вентиляційних каналах хлібопекарських печей, оскільки всі шість тунельних газових печей опалюються природним газом. Пожежі, що виникають при виробничих аваріях і катастрофах можуть викликати вибухи, які в свою чергу можуть бути вторинною причиною пожежі, так як при вибухах часто пошкоджується електропроводка, руйнуються газопроводи, перевертаються діючі вогневі установки і прилади.

Важливе місце серед заходів по підвищенню стійкості заводу при НС, пов'язаних з виробничими аваріями, займає автоматизація. Вона не тільки підвищує продуктивність праці, а й сприяє зниженню вибухо- і

пожежонебезпеки на підприємстві, зменшенню небезпеки отруєння обслуговуючого персоналу та ушкодження електричним струмом. Для цього використовується автоматичні системи контролю роботи обладнання, автоматичні системи аварійного відключення та різноманітні блокуючі пристрої. Підвищенню стійкості сприяє також суворе дотримання вимог охорони праці, техніки безпеки, протипожежної безпеки при проектуванні, будівництві, реконструкції та монтажі будівель, споруд та технічних систем, а також правильна, згідно інструкцій, експлуатація діючого обладнання .

Однією з НС техногенного характеру є забруднення місцевості, де розміщується хлібозавод, НХР внаслідок їх неправильного зберігання чи транспортування. До НХР відносяться: аміак, хлор, фосген, сірчистий ангідрид, окис вуглецю, сірководень, трьох хлористий фосфор, фтористий водень і синильна кислота. По токсичному прояву НХР в основному є речовини загальноотруйної та задушливої дії, що викликають різні за характером отруєння. Зоною забруднення НХР прийнято називати територію, що потрапила під дію НХР, в результаті якої виникає небезпека ураження людей .

Хлібозавод не використовує в своєму виробництві НХР, немає також підприємств – сусідів, котрі використовують НХР при виготовленні своєї продукції. Основну небезпеку становлять аварії з витіканням (викидом) НХР при транспортуванні шляхами, що пролягають поблизу хлібозаводу. Стійкість роботи хлібозаводу при такій НС, як витікання (викид) НХР, полягає в підготовці підприємства до захисту від НХР. Підготовка підприємства здійснюється на основі спеціально розробленого плану, який складається з плану організаційних та інженерно–технічних заходів по підготовці об'єкта до захисту від НХР: схеми оповіщення робочої зміни і населення, що проживає поблизу об'єкта, про небезпеку ураження НХР; розрахунку сил і засобів ЦЗ об'єкту для ліквідації осередків забруднення НХР; план дій формувань ЦЗ при ліквідації осередків забруднення. До заходів захисту підприємства від дії НХР відносяться:

- завчасне оповіщення про небезпеку ураження НХР;
- навчання працюючих та особового складу формувань ЦЗ до дій при загрозі ураження об'єкта НХР;
- накопичення для забезпечення всіх працюючих об'єкту, зберігання і підтримка готовності індивідуальних засобів захисту;
- пошук напівпродуктів і відходів виробництва, придатних для дегазації (нейтралізації) НХР і підготовки до приготування дегазуючих розчинів і подача їх в можливо забруднену зону .

**Висновки.** Хлібозавод є одним із стратегічних об'єктів народного господарства не тільки у воєнний, але й у мирний час, оскільки потреба у споживанні хліба людьми є постійною. Тому велике значення має підвищення стійкості хлібозаводу в НС природного і техногенного характеру та здатність його випускати продукцію в запланованому обсязі та асортименті. Природні катаклізми, що можуть призвести до стихійних лих, виробничі аварії та катастрофи, забруднення місцевості небезпечними хімічними речовинами - все це може спричинити не тільки руйнування і знищення матеріальних цінностей, але й загибель людей. Важливу роль в забезпеченні стійкості роботи хлібозаводу відіграє здатність його інженерно-технічного комплексу протистояти в надзвичайних ситуаціях, що забезпечує персоналу підприємства безпечні умови роботи та безперервність випуску продукції. Запропоновані у розділі заходи забезпечать надійну роботу заводу під час можливих НС.

## Висновки

В дипломній роботі було зроблено аналіз сучасних конструкцій тістоподільних машин, що дало змогу вдосконалити нагнітальну лопать .

Одним із недоліків конструкції лопаті є великий тиск при стисненні тіста в робочій камері. Тому для вирішення цієї проблеми змінена конструкція лопаті на більш ефективну. Завдяки цій конструкції змінюється об'єм робочої камери і за рахунок цього тиск зменшується.

Було зроблено аналіз кінематичної схеми тістоподільної машини марки А2-ХТН, проведено розрахунок робочого зусилля на лопать, розрахунок приводу лопаті, за результатами яких було підібрано параметри нової лопаті.

Зроблено аналіз теоретичних закономірностей процесу стиснення тіста в робочій камері.

Проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Визначено затрачену питому роботу на процес розділення тіста на заготовки певної маси;
2. Тиск при нагнітанні тіста лопаттю впливає на:
  - зі зменшенням тиску в робочій камері покращується якість отриманих заготовок;
  - при збільшенні об'єму нагнітальної лопаті тиск в робочій камері зменшується;
3. При зменшенні тиску в робочій камері збільшується точність ділення тіста ;
4. При зменшенні навантаження на тістоділильну лопать зменшується витрата потужності.

## Перелік посилань

1. Патент №175455 Росийская федераця В02В3/02 Устройство для деления теста ./Автор(ы): Ведмедь В.Ф, Юрков А.С, Скрипник Д.Е. Патентообладатель(и): Государственный комитет по делам изобретений и открытий СССР. Заявка: №905312\28-13 Дата заявки: 08. 06. 1964 Опубликовано: 09.10.01965.

2. Патент №125774 Росийская федераця В02В3/02 тїстодїлитель. «Кузбаз» ./Автор(ы): Кауфман Р.Б. Патентообладатель(и): Кемеровский трест хлебопекарной промышленности. Заявка: №630930,28 Дата заявки: 15.03.1959 г. Опубликовано: 03.06.1960.

3. Патент №111776 Росийская федераця В02В3/02 Устройство для деления теста ./Автор(ы): Чухарев Г.С. Патентообладатель(и): Комитет по делам изобретений и открытий. Заявка: № 570049 Дата заявки: 30.08.1957 г . Опубликовано: 03.06.1958.

4. Патент №2390131 Росийская федераця В02В3/02. Тестодилитель ./Автор(ы):

Герасимов Наталя Федоровна, Герасимов Михаил дмитревич Патентообладатель(и): Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова" (БГТУ им. В.Г. Шухова) (РИ). Заявка: № 2008144734\13. Дата заявки: 12.11.2008. Опубликовано: 27.05.2010

5. Патент №2421996 Росийская федераця В02В3/02. Тестодилитель всасивающий ./Автор(ы): Табакаев Сергей Борисович (РИ), Салтыков Евгений Петрович (РИ). Патентообладатель(и): Табакаев Сергей Борисович (РИ), Салтыков Евгений Петрович (РИ). Заявка: № 2008105124/13, Дата заявки: 11.02.2008. Опубликовано: 27.06.2011 г.



6. Патент №2287277 Росийская федераця В02В3/02.

Тестодилительная машина ./Автор(ы): Виноградов В.М, Шинаков В.Г, Лялин А.В. Патентообладатель(и): ОАО « Владимирский хлебо комбинат» Заявка: №2005107856\13. Дата заявки: 21.03.2005. Опубликовано: 20.11.2006.

7. Лісовенко О.Т. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв. [текст]/ Лісовенко О.Т. Київ. Наукова дума ,2000-279с.

8. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: [текст]/ Павлице В.Т. Підручник. – К. :Вища школа, 1993.-556 с.

9. Комаров М.С. Определение расчетных нагрузок производственных механизмов и машин [текст]/ Комаров М.С. Киев 1958 -141с.

10 . Мачихина С. А. Машиностроение. Машины и оборудование пищевой и перерабатывающей промышленности [текст]/. Мачихина С. А. – М.: Машиностроение, 2003. – 736с.

11. Igor Yaroslavovych Stadпук, Jiilia Papkiv, Petro Navryko, Halipa Karпук

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/CC BY 3.0 ISSN 1337-0960 \(online\)](https://doi.org/10.5219/1129/CC BY 3.0 ISSN 1337-0960 (online))

12. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя том 2. [Текст]/Анурьев В.И. - М.: Машиностроение, 1980. - 359с.

13 . Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя том 3. [Текст] Анурьев В.И.- М.: Машиностроение, 1980. - 557с.

14. Закалов О.В.,Закалов І.О. Проектування підприємств харчової промисловості: навчальний посібник. [Текст] /Закалов О.В.,Закалов І.О. – Тернопіль: видавництво ТДТУ ім..І.Пулюя, 2007.

15. Igor Yaroslavovych Stadпук, Volodymyr Piddibnyy, Halupa Karпук, Mykhail Kravchenko, Volodymyr Hdzhelitskyi ADHESION EFFECT ON

EPVIROPMEPT PROCESS IPJECTIOП //Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. vol. 13, 2019, no. 1, p. 429-437 (скопус) <https://doi.org/10.5219/1078> CC BY 3.0 ISSN 1337-0960 (online)

16. Райко М.В. Розрахунок деталей і вузлів машин . [Текст] / Райко М.В. -К.: Техніка, 1966.-491с.

17. Чернавский С.А. Курсовое проектирование деталей машин. [Текст]/ Чернавский С.А., Боков Н.К., Чернин И.М. -М.: Машиностроение,1987.-416с.

18. Закалов О.В. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв: навчальний посібник [Текст]/ Закалов О.В., Ворожук В.Я. – Видавництво ТНТУ ім.І.Пулюя, 2011. – 344 с.

19. Igor Yaroslavovych Stadnyk, Jiilia Papkiv, Petro Havryko, Halipa Karjuk

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 <https://doi.org/10.5219/1129> CC BY 3.0 ISSN 1337-0960 (online)

20. Katarzyna Szwedziaka, Igor Stadnyk, Sergey Golyachik, Zuzana Grzywacz / JUSTIFICATION OF THE RHEOLOGICAL MODEL OF PROCESS OF PLASTIC MATERIAL INJECTION BY THE ROLLERS //Agricultural Engineering, 2019 ,Vo 1. 2 3 ,No . 3 , pp . 101 -11 4. ISSN 2 0 8 3 -1 5 8 7 ; e -ISSN 2 4 4 9 -5999 (скопус)DOI: 10.1515/agriceng-2019-0030

21. А. Ф. Горбацевич. Курсовое и дипломное проектирование по технологии машиностроения. [Текст]/ А. Ф. Горбацевич. -М.: Машиностроение, 1975. – 340с.

22. В. А. Гайченко. Безпека життєдіяльності людини. [Текст]/ В. А. Гайченко, Г. М. Коваль. –К., 2002. - 228с.

23. Хроменков В.М. Технологическое оборудованию хлебозаводов и макаронных фабрик. – СПб.: ГИОРД, 2004.-496 с.

24. Поперечний А. М. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв. Підручник. [Текст]/ А. М. Поперечний, В. О. Потапов, В. Г. Корнійчук – К.: Центр учбової літератури, 2012. – 312 с.