ВПЛИВ НЕВІДОМИХ ЗНАЧЕНЬ ДІЇ СИЛ ТЕРТЯ НА РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ЗМІШУВАННЯ

[1]**Стадник І.Я**., доктор техн. наук, проф.,
[1]**Пилипець О.М.,** канд. техн. наук, доц.,
[2]**Коломієць О.М.,** канд.філол. наук.доц.

[1]*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*
[2]*Хмельницький кооперативний торговельно-економічний інститут*

Хлібні вироби є одним з найважливіших продуктів харчування. Збагачення хліба необхідними для людини поживними речовинами: білками, вітамінами, солями кальцію і фосфору, поліненасиченими жирними кислотами, - має бути науково обґрунтоване і впроваджуватися в практику роботи промисловості. Одним з основних шляхів науково-технічного прогресу хлібопекарського виробництва є створення прогресивних процесів приготування тіста, а також поліпшення якості та підвищення біологічної цінності готових продуктів. Розробка нових способів приготування тіста здійснюється звичайно з використанням різних методів регулювання основних параметрів тістоведення.

Слід підкреслити, що робочі органи (РО) існуючих машин мають постійну і незмінну геометричну форму. Очевидно, що такі технічні рішення нічого принципово нового не дають, але серйозно ускладнюють кінематику машини, її обслуговування та управління. Природні обмеження, пов'язані з протіканням у тісті фізико-хімічних, біохімічних та інших процесів – є серйозною перешкодою для подальшого розвитку цього напрямку.

Багато технологічних процесів змішування вже досягли, або наблизилися до своїх граничних параметрів. Спроба подальшого їх прискорення за рахунок інтенсифікації роботи машин шляхом підвищення робочих параметрів може привести до суттєвого погіршення якості готових виробів. Проблема пошуку нових напрямків у харчовому машинобудуванні, які вирішили б частково, або повністю перераховані проблеми, як і раніше надзвичайно актуальна.

Відомо, що сучасні технології приготування тіста мають відповідати ряду вимог, основними з яких є забезпечення високої якості змішування при низькому рівні енергоспоживання. Спосіб інтенсивної обробки компонентів дозволяє впливати на комплексні зміни їх фракційного складу та фізико-хімічні властивості, які скорочують час бродіння та покращують інші важливі технологічні параметри [1].

Однією з проблем, які виникають при проектуванні нового обладнання для перемішування в’язких мас, є неможливість передбачити кінцевий результат, визначити якість перемішування за допомогою існуючої “дослідної технології”. Вибір того чи іншого РО відбувається інтуїтивно, після чого здійснюється перевірка доцільності цього вибору за допомогою експериментальних досліджень.

Вивчення явищ, що протікають в робочій камері машини, або на окремих

її стадіях, визначається в основному гідродинамічною структурою потоків. З метою підвищення ефективності перемішування компонентів на початковій стадії (як приклад замісу неньютонівської рідини - тіста), а також вимішування утвореного в'язкого середовища було запропоновано змінити форму робочої камери і робочого органу [1, 2]. Хочеться відмітити, що в проектуванні РО зроблено новий прорив. Для забезпечення більшого контакту із середовищем, зменшенням тривалості процесу, і відповідно, збільшенням продуктивності розроблено конструкцію нової машини з циліндричним РО. При особливому підході до конструювання робочих поверхонь РО виявилося можливим поєднати транспортні та технологічні функції. Реалізувати задум можна за рахунок конструкції, що має вигляд циліндричної, конічної, бочкоподібної, гвинтової форми з гладкою поверхнею, або з різними насічками (рис.1).

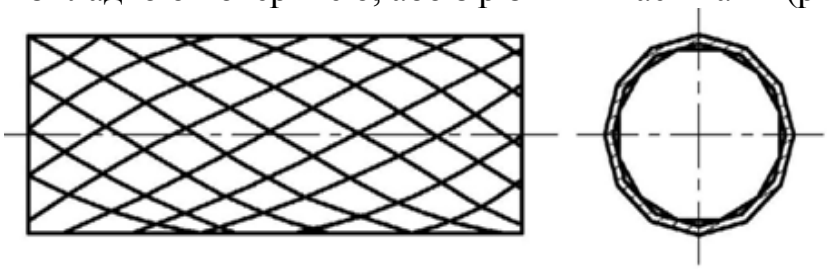

Рис.1. Циліндричний робочий орган з насічками.

Циліндричний робочий орган при горизонтальному положенні обертається у циліндричній багатогранній камері, що утворена з дискретно розміщеними по периметру і цілеспрямованими по відношенню до створення колового руху, плоскими елементами. Така конструкція характеризується тим, що поперечний переріз має форму правильного чотирикутника, який відносно осі обертання РО має дискретно-змінну величину по своїй висоті. Тому при обертанні РО тісто здійснює хвильовий рух по поверхні плоских елементів із стискуванням та вібраційним витіканням, що приводить до інтенсивного замішування. Таке комбінування з геометричними параметрами плоских елементів дозволяє керувати масою тіста з великою амплітудою руху, тобто збільшувати або зменшувати транспортний, або технологічний ефект [3].

Для обчислення затрат потужності розглянемо основні сили, які діють на місильний робочий орган. На кожен нескінченно малий елемент площі РО діють сили тертя тіста. Ці сили виникають в результаті його дії на суміш компонентів, які взаємодіють з поверхнею робочої камери на протязі усього процесу тістоутворення. Дільниця з великими силами тертя є на перших двох стадіях змішування, коли відбувається процес дозування компонентів. За таких умов сила тертя плавно впливає на перемішування.

Отже до особливостей визначення впливу сили тертя належить і те, що на основі порівняння даних фізичних експериментів і результатів відповідних чисельних обчислень, можна запропонувати методику визначення потужності для різних умов взаємодії пари "продукт – місильна камера". Порівнюючи відповідні результати, можна розв'язати так звану "обернену" задачу, тобто визначити коефіцієнт тертя, а також оцінити ефективність і доцільність використання певного матеріалу для конструювання обладнання.

Дослідами встановлено [4,5], що суміш піднімається робочим органом за рахунок адгезії на його поверхні, а також за рахунок її тертя об його поверхню і робочої камери. Будемо вважати, що потужність, яка потрібна для перемішування суміші компонентів на першій стадії змішування, має дві складові - на піднімання суміші робочим органом $\boldsymbol{P_П}$ та під дією сил тертя $\boldsymbol{P_T}$, Вт:

$$\boldsymbol{P_{пер} = P_П + P_T}. \quad (1)$$

Сила тертя в робочій камері машини теж має дві складові. Перша складова $\boldsymbol{P\,\frac{1}{T}}$ утворюється на перших хвилинах дозування компонентів і поступово досягає свого максиму. Друг сила $\boldsymbol{P_T^2}$ утворюється після 15…20 с дозування компонентів. В процесі змішування компонентів у нижній частині «ванні» робочої камери відбувається інтенсивне перемішування, що має свій певний об'єм і постійно вона підживлює силу $\boldsymbol{P_П}$. Відповідно загальна сила тертя:

$$\boldsymbol{P_T = P_T^1 + P_T^2 = G_2 h_1 z_2 + G_3 h_2 z_3}, \quad (2)$$

тоді:

$$\boldsymbol{P_{пер} = (G_1 Z_1 + G_2 h_1 Z_2 + G_3 h_2 z_3) n}, \quad (3)$$

де $\boldsymbol{G_1}$ - вага суміші, що піднімається РО, Н;

$\boldsymbol{G_2}$ - вага суміші, що піднімається під дією сил тертя, Н;

$\boldsymbol{G_3}$ - вага суміші, що піднімається під дією сил тертя у «ванні»;

$\boldsymbol{h_1, h_2}$ - висота піднімання суміші РО та силою тертя;

$\boldsymbol{Z_1, Z_2, Z_3}$ - кількість циркуляцій суміші за один оберт РО, за рахунок сил тертя і кількість циркуляцій суміші у «ванній» за один оберт та сил тертя;

$\boldsymbol{n}$ - частота обертання РО, об/с.

За даним підходом отримано теоретичний розрахунок обчислення затрат потужності при невідомих значеннях дії сил тертя на робочий орган, але відомій його частоті обертання, розмірами й факторами впливу. Дана методика дає можливість з'ясувати основні складові зусилля, що впливають на збільшення потужності приводу РО.

Література:

1. Лісовенко О.Т., Стадник І.Я. Новий спосіб замішування тіста//Матеріали науково-практичної конференції «Новітні технології, обладнання, безпека та якість харчових продуктів: сьогодення та перспективи» Національний університет харчових технологій.–К.: НУХТ, 2010. - № 10. – С. 28.

2. Тістомісильна машина: пат. на корисну модель 62460 А Україна / Лісовенко О.Т., Котенко А.Г., Стадник І.Я. №2003032650; заявл. 27.03.03; опубл. 15.12.03, Бюл. № 12. 2 с.

3. Стадник І.Я. Науково – технічні основи процесів та розробка обладнання для безлопатевого замішування тіста. Автореф. док. дисертації.

2013р., 42 С.

4. Стадник І.Я. Добротвор І.Г. Дослідження розподілу концентрацій розчинних шарів при змішуванні // Хранение и переработка зерна, 2011, № 9(147).- С.57-59.

5. Стадник І.Я. Процеси першої стадії змішування на новій тістомісильній машині // Вісник ТДТУ. - 2009. - Том 14. - № 2. - С. 72-78. - (машинобудування, автоматизація виробництва та процеси механічної обробки).