

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

УДК 664.85:664.87

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛЕННЯ ПОЛІДИСПЕРСНИХ СЕРЕДОВИЩ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

**В.Г.ПЕЛИХ, П.П.ЛІПНЯГОВ, А.К.ГЛАДУШНЯК,
Н.П.ЛІПНЯГОВ – Асоціація за технологією й інжинірін-
гом у харчовій промисловості "TIFI".**

При переробці сільськогосподарської продукції в консерви, штучне молоко, корм, пасти і т.д. застосовують протиральні машини.

Проведений нами аналіз сучасних конструкцій протиральних машин для переробки рослинної сировини показав, що найбільш перспективними з погляду проведення процесу і його апаратурного оформлення є устрої з нерухомим перфорованим циліндром і обертливими у середині нього бичами.

Авторами розроблена і випробувана протиральна машина нового покоління, яка показана на рисунку.

Подальша оптимізація процесу і конструктивних елементів цих обладнань побудована нами на основі математичного моделювання.

Будемо розглядати підготовлене до протирання рослинного, як суспензію, що містить рідку фазу, частки запасних і баластових тканин.

Модель поділу такої суспензії на перфорованій поверхні включає елементи або блоки, що описують: явище витікання дисперсійного середовища і закупорки отворів, очищення отворів і розрахунку середньої витрати обробленого напівфабрикату на виході з іншого отвору [2].

Витікання обробленого напівфабрикату супроводжується закупоркою отвору перфорації [1]. Зневажаємо очищувальним впливом бичів протиральної машини і припустимо, що гідродинамічне оточення в отворі залишається постійним.

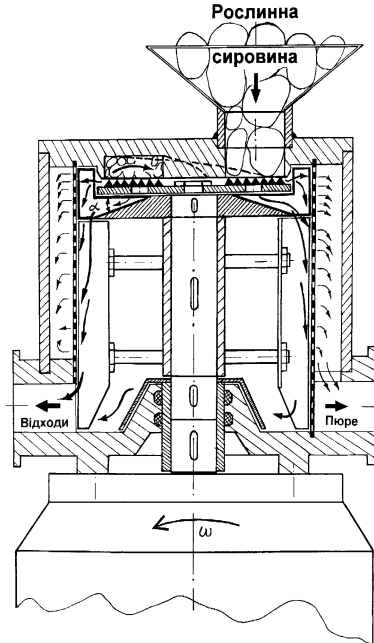


Рисунок 1. Машина для здрібнювання і протирання рослинної сировини.

У цьому випадку витрат обробленого напівфабрикату на виході зі спочатку відкритого отвору можна описати рівнянням:

$$q_{n/\phi} = q_o \cdot \exp\left(-\frac{t}{t_{\text{вз}}}\right) \cdot (1 - c \cdot k_{np} / c_{np}), \quad (1)$$

де q_o - витрати дисперсійного середовища через отвір перфорації;

t - проміжок часу від початкового моменту;

$t_{\text{вз}}$ - характерний час закупорки;

iz - об'ємне утримання в суспензії часток, що беруть участь у закупорці отвори;

k - частка часток, що йдуть на утворення пробки;

c_{np} - об'ємне утримання часток дисперсної фази в пробці.

Характерний час закупорки визначається як:

$$t_{\text{вз}} = \frac{\tilde{v}_{np} \cdot c_{np}}{c \cdot k_{np} \cdot q_o}, \quad (2)$$

де \tilde{v}_{np} - середній обсяг пробки, що цілком закупорює отвір.

З (2) випливає, що з часом витрати можуть припинитися, а тривалий розподіл можливо тільки при періодичному очищенні отвори бичем.

Проходячи над отвором, бич впливає на пробку, що перекриває отвори й очищає перфорацію. Результат такого впливу опишемо моделлю, що припускає, що після проходження бича над отвором може відбутися одна з двох подій:

1. із можливістю p_o отвір обчищається від пробки і цілком відновлює свій перетин s_o ,

2. із можливістю $(1 - p_o)$ стан отвору залишається без зміни.

Таким чином, середні витрати суспензії відразу після проходження бича над отвором складають:

$$q_+ = q_o \cdot p_o + q_- \cdot (1 - p_o), \quad (3)$$

де q_- - витрати безпосередньо перед проходженням бича над отвором.

Якщо припустити, що тривалість очищення отвору дуже мала в порівнянні з часом між проходженням над отвором двох сусідніх бичів, то через достатньо велику кількість циклів закупорки і витікання встановлюються середні витрати до і після очищення отвору, які рівні:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{q}_+ &= \frac{p_o \cdot q_o}{1 - (1 - p_o) \cdot \exp(t_o / t_{\text{в3}})} \\ \tilde{q}_- &= \frac{p_o \cdot q_o \cdot \exp(-t_o / t_{\text{в3}})}{1 - (1 - p_o) \cdot \exp(t_o / t_{\text{в3}})} \end{aligned} \right\}. \quad (4)$$

де t_o - проміжок часу між проходженням над отвором сусідніх бичів.

Середні за часом витрати напівфабрикату на виході з отвору перфорації можна розрахувати як

$$\tilde{q}_{n/\phi} = q_o \cdot p_o \frac{t_{\text{в3}}}{t_o} \cdot \left(1 - \frac{c \cdot k_{np}}{c_{np}} \cdot \lambda \right) \cdot \frac{1 - \exp(-t_o / t_{\text{в3}})}{1 - (1 - p_o) \cdot \exp(-t_o / t_{\text{в3}})}, \quad (5)$$

де λ - частка обсягу пробки, що повертається в результаті очищення отвору в продукт, що знаходиться над перфорованою поверхнею.

Аналіз рівняння (5) дозволяє виділити окремі випадки відділення обробленого напівфабрикату, що умовимося називати модами витікання і протирання.

Модель витікання встановлює залежність між параметрами просування продукту в барабані і витратою обробленого напівфабрикату у вигляді

$$q_{ум} = \mu \cdot s \cdot \omega \cdot \sqrt{2R \cdot h \cdot (1 - h/2R)}, \quad (6)$$

де μ - коефіцієнт витрат при розподіленні суспензії;

s - площа отвору;

ω - частота обертання бичів протиральної машини;

R - радіус перфорованого барабану;

h - товщина прошарку продукту над отвором.

Основною видатковою характеристикою в цьому випадку є коефіцієнт витрат μ . Виходячи з (5.) одержуємо:

$$\mu = \mu_o \cdot \left(1 - \frac{c \cdot k_{np}}{c_{np}} \cdot \lambda \right) \cdot \frac{1}{1 + \frac{t_o}{p_o \cdot t_{\epsilon 3}}}, \quad (7)$$

де μ_o - коефіцієнт витрат дисперсійного середовища при заданих умовах витікання.

Модель витікання придатна, якщо

$$\frac{t_o}{p_o \cdot t_{\epsilon 3}} \leq 0,5. \quad (8)$$

Власне протирання спостерігається, якщо процеси закупорки-очищення отвору роблять основний вплив на кількість напівфабрикату, що відокремлюється.

У цьому випадку вважаємо, що $t_o / t_{\epsilon 3} \rightarrow \infty$, і з рівняння (5) з урахуванням (2) одержуємо:

$$q_{нром} = \frac{\tilde{v}_{3n} \cdot c_{np} \cdot p_o}{c \cdot k_{np} \cdot t_o} \cdot \left(1 - \frac{c \cdot k_{np}}{c_{np}} \cdot \lambda \right). \quad (9)$$

Останню рівність можна представити у вигляді:

$$q_{нром} = \frac{\hat{v}}{t_o}, \quad (10)$$

де \hat{v} - обсяг обробленого напівфабрикату, що відокремлюється через отвір між двома очистками отвору бичем

$$\hat{v} = \frac{\tilde{v}_{np} \cdot c_{np} \cdot p_o}{k_{np}} \cdot \frac{\left(1 - \frac{c \cdot k_{np}}{c_{np}} \cdot \lambda\right)}{c}. \quad (11)$$

Рівність (11.) є аналітичним вираженням закону протирання концентрованої суспензії, що спостерігається, якщо

$$\frac{t_o}{p_o \cdot t_{e3}} \geq 2.5 \quad (12)$$

і добре описує розподіл суспензії, що містить велику кількість часток, спроможних закупорювати отвори перфорації.

Загальний випадок протирання рослинної суспензії має місце при

$$0,5 < \frac{t_o}{p_o \cdot t_{e3}} < 2,5, \quad (13)$$

коли на видаткові характеристики отвору перфорації одночасно впливають перепад тиску на перфорованій поверхні і явища закупорки-очищення отвору. Коефіцієнт витрат в цьому випадку

$$\mu = \mu_o \cdot \frac{p_o \cdot t_{e3}}{t_o} \cdot \left(1 - \frac{c \cdot k_{np}}{c_{np}} \cdot \lambda\right) \cdot \frac{1 - \exp(-t_o/t_{e3})}{1 - (1 - p_o) \cdot \exp(-t_o/t_{e3})} \quad (14)$$

Процес розподілу плодоовочевої сировини в протиральних машинах можна розбити на стадії переважного відділення дисперсійного середовища, що запасують тканини і ковзання відходів.

Аналіз показує, що на першій стадії видаткові характеристики отворів перфорації описуються формулами витікання. Витрати залежать від форми продукту в поперечному перетині і частки змоченої продуктом поверхні перфорованого барабану. Довжину зони переважного відділення дисперсійного середовища при обертальному прямиуванні продукту в барабані можна оцінити як

$$L_1 = \frac{B_1}{0,8\sqrt{2} \cdot \mu \cdot \varphi Z \omega R^2 \cdot (H_1/R)^{5/2}}, \quad (15)$$

де B_1 - вихід обробленого напівфабрикату на першій стадії;

φ - живий перетин перфорованої поверхні;

Z - кількість бичів у протиральній машині;

H_1 - найбільша товщина прошарку продукту в поперечному перетині.

На стадії переважного відділення дисперсійного середовища відділення обробленого напівфабрикату, як правило, описується формулами протирання. При цьому, вихід обробленого напівфабрикату на ділянці перфорованої поверхні d зручно представити у вигляді:

$$dB = \varphi \cdot \frac{\widehat{l}}{t_o} \cdot dS, \quad (16)$$

де \widehat{l} - товщина прошарку напівфабрикату, що відокремлюється при проходженні над отвором бича

$$\widehat{l} = \widehat{v} / s_o.$$

З огляду на динаміку збільшення утримання часток баластових тканин у продукті над перфорованою поверхнею, одержуємо залежність для розрахунку довжини зони переважного відділення тканин, що запасують:

$$L_2 = - \frac{B_\infty}{\varphi \cdot \widehat{l}_{ucx} \cdot Z \cdot \omega \cdot R} \cdot \ln \left(\frac{B_\infty - B}{B_\infty} \right), \quad (17)$$

де U_∞ - вихід обробленого напівфабрикату на аналізованій стадії при нескінченно великій довжині перфорованого барабану;

\widehat{l}_{ucx} - товщина прошарку напівфабрикату, що відокремлюється в початковому перетині аналізованої ділянки;

B - бажаний вихід обробленого напівфабрикату.

Повна робоча довжина перфорованого барабана, що дозволяє реалізувати обидві стадії процесу, складає:

$$L = L_1 + L_2 + L_3, \quad (18)$$

де L_3 - довжина зони ковзання відходів, що вибирають з умови евакуації відходів із барабану машини:

$$L_3 \leq L_{y\partial} = H_2 \cdot \frac{2}{3 \cdot (f_6 - tg \alpha)}, \quad (19)$$

де $L_{y\partial}$ - гранична довжина зони ковзання відходів, коли останні утримуються в барабані протиральної машини;

f_6 - коефіцієнт тертя відходів по поверхні бичів;

α - кут випередження бичів.

Таким чином, аналіз моделі показує, що для ефективного протирання плодоовочевої сировини необхідно:

- 1) Забезпечувати роботу бичів у режимі з ущільненням зазору між бичами і поверхнею перфорованого барабану;
- 2) Забезпечувати раціональне переміщення продукту в барабані машини, що наближається до схеми «ідеального витиснення».
- 3) Вибирати оптимальне співвідношення розмірів барабану і куту випередження бичів;
- 4) Використовувати найбільш раціональні швидкісні режими протирання, тобто частоту обертання бичів - 150-250 1/с.

Висновки:

1. Розподіл рослинного напівфабрикату можна описати формулами як витікання, так і протирання, які однак, виходять з уявлень про механізм процесу, що принципово відрізняються, тому модель повинна враховувати існування як мінімум двох процесів - витікання і протирання, співвідношення між якими змінюється в залежності від виду сировини і режимів роботи машини.

2. При описі процесу формулами витікання витрата залежить від тиску на перфорованій поверхні, розміру контактної поверхні і товщини прошарку продукту в барабані.

3. При описі процесу формулами протирання кількість вироблюваного напівфабрикату залежить від концентрації часток у суспензії і параметрів, що характеризують закупорку й очищення отворів бичами. При цьому перепад тисків на перфорованій поверхні і частка змолоченої продуктом поверхні не роблять істотного впливу на видаткові характеристики отворів перфорації.

Література.

1. Липнягов Н.П. і ін. Розвиток теорії соковідділення./ Наук. праці міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої пам'яті Б.Л. Флауменбаума, ч.2. - Одеса: Астропринт, 1997. - 420 с., с. 177-178.
2. Гуртовий Н.В. Моделювання процесу протирання плодовоовочевої сировини // Наукові праці ОГАПТ / М-во утворення України. Вип.17. – Одеса, 1997. - 330 с., с. 189-196.