УДК 631.358
Крисак Ф.М., к.т.н.
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ МИТТЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БАРАБАННО-ЛОПАТЕВОЇ МИЙКИ

Автором запропонована нова конструкція барабанно-лопатевої мийної машини для коренеплодів, процес інтенсифікації в якій проходить за рахунок збільшення перетирання і дії на коренеплоди циркуляції миючої води.

Визначена закономірність розподілу контактів коренеплодів в середині барабанів і в інтервалах між барабанами. Запропоновані підходи до визначення коефіцієнту генеральної сукупності коренеплодів, який являється статистичною оцінкою коефіцієнту форми коренеплоду. Останній дає можливість визначати оптимальне завантаження коренеплодами робочої частини мийки. Отримані результати дослідження дають змогу продовжувати пошуки по оптимізації конструктивних і технологічних параметрів мийної машини.

Перетирання, щільність контактів, густина укладки, коефіцієнт форми коренеплоду.

Постановка проблеми. З метою оптимізації процесу миття і конструктивних елементів запропонованої нової барабанно-лопатевої мийки, необхідні дослідження фактору перетирання коренеплодів між собою в мийці, впливу форми коренеплодів на технологічні параметри.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями процесу миття коренеплодів в Україні займались І.М. Заплєтніков, О.К. Гладушняк, Л.М. Антропова та інші [1,2]. Проте фактор перетирання коренеплодів в барабанних і лопатевих мийках дослідженні недостатньо.

Результати дослідження. Автором запропонована нова конструкція мийної машини[3],схема якої зображена на рис. 1.

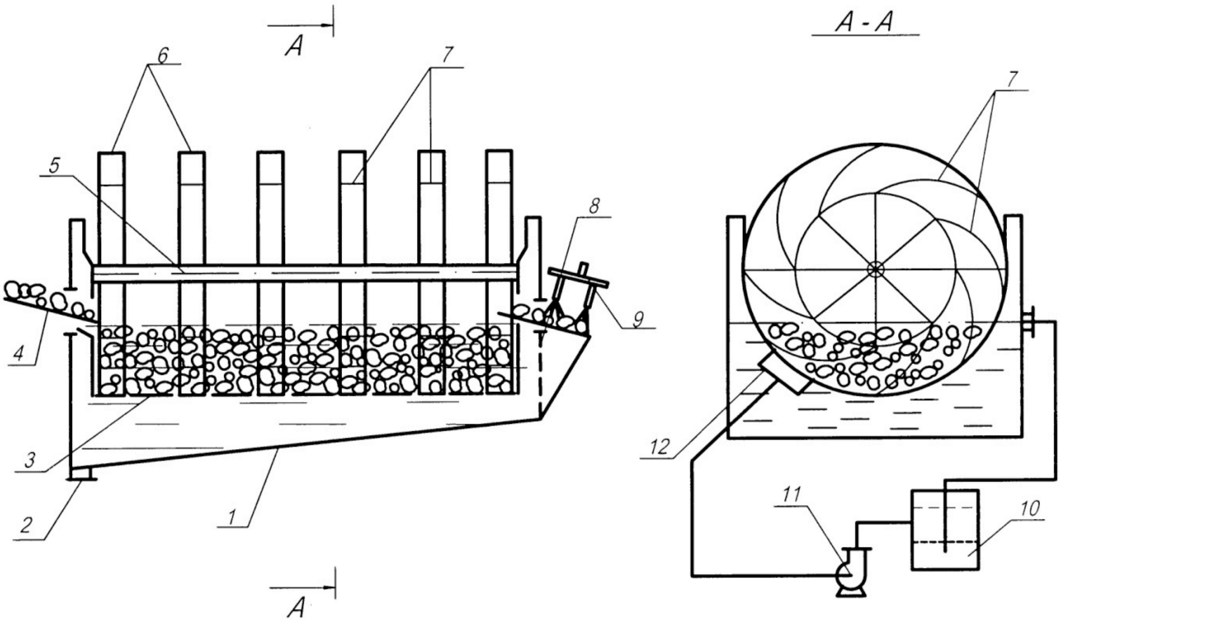

Рис.1 Схема барабанно-лопатевої мийки

Мийна машина містить: камеру 1; патрубок 2 для видалення осілого бруду; мийну перфоровану ванну 3, в якій встановлений вал 5; циліндричні неширокі барабани 6, які встановлені на валу з певним проміжком; пластини 7, які встановлені на внутрішній поверхні барабанів і закріпленні з нахилом в сторону вивантаження; ділянка завантаження 4 і вивантаження 8; пристрій 9 для ополіскування; ємність для фільтрування миючої води 10; насос 11; пристрій 12 для подачі води у мийну ванну .

Мийна машина працює наступним чином. Через завантажувальну ділянку коренеплоди подаються у ванну 3, де вони змочуються і омиваються циркулюючою водою. При обертанні барабанів коренеплоди підхоплюються внутрішньою частиною пластин 7 та піднімаються вгору і перетираються в зонах бокових сторін барабанів 6 із коренеплодами, які знаходяться у ванні 3 поза барабанами. При досягненні певної висоти коренеплоди переміщуються вниз з одночасним переміщенням на крок до наступного ряду пластин в сторону вивантаження. На ділянці вивантаження коренеплоди ополіскуються .

Інтенсивне перетирання коренеплодів і циркуляція води забезпечують ефективний процес миття.

В барабанах та інтервалах між барабанами закони розподілення контактів різноманітні. Тому виникає необхідність сформулювати ряд припущень, які мають гіпотетичний характер, але просту фізичну основу. Вихідними параметрами назвемо:

1. Щільність контактів вхідного потоку λ_0 (число контактів в одиниці об'єму при вході в перший барабан).

2. Щільність контактів в і-му барабані λ_i,

3. Щільність контактів в j-му інтервалі μ_j .

Сформулюємо робочі гіпотези:

1. Щільність контактів в барабанах стала ($\lambda_i = \lambda$).

2. Щільність контактів в інтервалах стала($\mu_j = \mu$).

3. Щільність контактів в барабані визначається такими факторами: геометрія коренеплодів, продуктивність мийки, геометрія лопаті, число обертів лопаті, коефіцієнт заповнення водою робочого простору.

Виділимо при вході в перший барабан один коренеплід і будемо спостерігати за ним до виходу з останнього барабану. При вході в перший барабан на поверхню коренеплоду діяло K_0 сусідніх коренеплодів. В початковий момент t_0 коренеплід потрапляє в область обертання лопаті, яка руйнує структуру вхідного потоку. В результаті руйнування старої і утворення нової структури на інтервалі часу від t_0 (момент входу коренеплоду в перший барабан) до t_1(момент виходу коренеплоду з першого барабану) частина контактів зникає, але з'являються нові контакти. Такий процес усунення старих і поява нових контактів узагальнимо поняттям середньої кількості контактів κ_1 в інтервалах часу $t_0 < t < t_1$ (Табл.1)

В першому інтервалі між барабанами через відсутність дії лопаті структура розміщення коренеплодів знову міняється, частина контактів на поверхні коренеплоду зникає, а частина з'являється вперше.

По аналогії з першим барабаном можна ввести поняття середнього числа контактів в першому інтервалі на проміжку часу $t_1 < t < t_2$.Це число контактів позначимо K_2

Враховуючи, що число інтервалів рівне числу барабанів m парні моменти часу t_{2n},будуть відповідати середньому числу контактів в інтервалі з номером n, а непарні моменти часу будуть відповідати середньому числу контактів в барабані з номером $2n$-1

Отже, задаючи спільну нумерацію моментів на осі часу, отримаємо розподіл контактів коренеплодів всередині барабану в моменти часу з непарними номерами, а розподіл контактів коренеплоду всередині інтервалів між барабанами –з парними номерами.

Запишемо середнє число контактів коренеплоду для інтервалу часу $t_{i-1} < t < t_i$ у вигляді

$$K_i = K_{i-1} - \Delta K_{i-1} + \Delta K_i . \qquad (1)$$

де K_{i-1} - середнє число контактів в попередньому інтервалі $t_{i-2} < t < t_{i-1}$,

ΔK_{i-1} - та кількість контактів (i-1)-го інтервалу, які не збереглись в i-му інтервалі,

ΔK_i - та кількість контактів, які вперше з'являються в інтервалі $t_{i-1} < t < t_i$.

Допускаємо, що всі коренеплоди, які знаходились в мийному просторі одночасно з фіксованим коренеплодом, пронумеровані і таких коренеплодів було N. Тоді існує більшість комбінацій номерів коренеплодів(n_1, n_2, ...n_i...,n_k) де кожний номер належить коренеплоду, який знаходиться в контакті з фіксованим коренеплодом. Кожну таку комбінацію будемо називати станом фіксованого коренеплоду, а кожний контакт – подією. Тепер поверхня фіксованого коренеплоду має випадкові стани з неперервним часом. Ці стани змінюються під впливом деяких потоків подій.

Таблиця 1

Середнє число контактів коренеплоду в барабанах і між барабанами (кількість барабанів – m)

1	2	3	4
Номер інтервалу i	Границі інтервалу часу $t_{i-1}<t<t_i$	Перехідна область чи номер барабану	Середнє число контактів коренеплоду
1	$t_0 < t < t_1$	1-й барабан	K_1
2	$t_1 < t < t_2$	Між 1-м та 2-м барабаном	K_2
3	$t_2 < t < t_3$	2-й барабан	K_3
4	$t_3 < t < t_4$	Між 2-м та 3-м барабаном	K_4
5	$t_4 < t < t_5$	3-й барабан	K_5
…	……………………….	………………	………………
2_{m-3}	$t_{2m-4} < t < t_{2m-3}$	(m-1)-й барабан	K_{2m-3}
2_{m-2}	$t_{2m-3} < t < t_{2m-2}$	Між (m-1)-м і m-м барабаном	K_{2m-2}
2_{m-1}	$t_{2m-2} < t < t_{2m-1}$	m-й барабан	K_{2m-1}

В формулі (1) маємо :

ΔK_{i-1} - кількість подій усунення контактів в інтервалі t_i-1< t < t_i;

ΔK_i - кількість подій появи контактів в інтервалі t_{i-1}< t < t_i.

Позначимо :

λ_y – середнє значення контактів за одиницю часу в потоці видалення ;

λ_n – середнє число контактів за одиницю часу в потоці появи.

Потік усунення контактів і потік появи контактів мають одну загальну властивість – обидва потоки являються випадковими процесами, так як всі можливі характеристики в майбутньому залежать від того, в якому стані цей процес знаходиться в даний момент часу. Якщо процес марковський, то всі потоки подій, які переводять систему з стану в стан являються пуасоновськими.

Для коренеплодів реальної форми доречно користуватись рівнянням

$$\theta(k) = K_{\delta}\,\theta_0(k), \tag{2}$$

де θ_0(к) - коефіцієнт густини укладання сферичних частин,

$K_ф$ - коефіцієнт форми коренеплодів.

Для коренеплодів випуклої форми одночасно визначаються три розміри ($a \le в < c$), що дозволяє вивчати їх геометричні властивості на еліпсоїдах. Вибірка коренеплодів одного виду представляє матрицю *n x 3* (n - кількість рядків, тобто об'єм вибірки, 3- кількість стовбців, кожен з яких відповідає одному із розмірів). Позначивши цю матрицю A, отримаємо матрицю коваріацій :

$$G=cov\ A\ .$$

Матриця коваріацій відповідає матриці точності C^{-1}, яка визначається

$$C^{-1} = invC.$$

Середні арифметичні трьох стовбців матриці А дають вектор середніх значень

$$\overline{m} = (\overline{a}\overline{b}\overline{c}).$$

Випадковий вектор розмірів коренеплодів $\bar{x} = (abc)$ має нормальне розподілення у якого густина ймовірностей

$$f(\bar{x}) = \frac{1}{2\pi\sqrt{2\pi\ det\ C}}\exp\left\{-\frac{1}{2}(x-\overline{m})^T C^{-1}(x-\overline{m})\right\}. \tag{3}$$

Коефіцієнт генеральної сукупності коренеплодів дорівнює

$$\hat{E}_{\hat{o}} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \hat{E}_{\hat{o}}(\tilde{o}) f(x) dadbdc. \tag{4}$$

де $\hat{E}_{\hat{o}}\ (x)$ – вибірковий коефіцієнт форми коренеплоду.

Звісно, що для будь-якої генеральної сукупності випуклих коренеплодів коефіцієнт представляє функцію трьох змінних

$$\hat{E}_{\hat{o}} = K_{\hat{o}}(a,b,c).$$

Ця функція володіє трьома найбільшими загальними властивостями:

1. Безрозмірність.
2. Однозначність.
3. max $K_ф\ (a,b,c) = 1$.

Всі три властивості очевидні і являються необхідними. Достатність цих властивостей не доведено, що викликає необхідність вибирати із багатьох альтернатив найбільш просте аналітичне представлення.

$$\hat{E}_{\hat{o}} = \frac{3\sqrt[3]{abc}}{a+b+c}. \tag{5}$$

Із формул (4) і (5) отримаємо

$$K_{\hat{o}} = \frac{3}{2\pi\sqrt{2\pi det\ C}} \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} \frac{\sqrt{abc}}{a+b+c} e^{-\frac{1}{2}\{(\bar{x}-\bar{m})^T c^{-1}(\bar{x}-\bar{m})\}} dadbdc. \tag{6}$$

Відмітимо, що значення

$$K_{\hat{o}} = \frac{3\sqrt[3]{\bar{a}\bar{b}\bar{c}}}{\bar{a}+\bar{b}+\bar{c}},$$

являється статистичною оцінкою коефіцієнту форми, а його точність залежить від числа рядків матриці спостережень, тобто від об’єму вибірки.

Вибіркова оцінка матриці коваріацій утворює випадкову симетричну позитивно визначену *3x3* матрицю [4].

Задаючи відсоток відхилень вибіркових шести елементів матриці варіацій від її генеральних елементів можливо вирахувати дорожчу ймовірність *P* варіації матриці *C* в довірених межах.

$$P = \iiiint\!\!\iint w(x) dx_1 dx_2 dx_3 dx_4 dx_5 dx_6 \tag{7}$$

$$\alpha_1 < x_1 < \beta_1$$
$$\alpha_2 < x_2 < \beta_2$$
$$\alpha_3 < x_3 < \beta_{\cdot 3}$$
$$\alpha_4 < x_4 < \beta_4$$
$$\alpha_5 < x_5 < \beta_5$$
$$\alpha_6 < x_6 < \beta_6$$

де $x_1=c_{11}$, $x_2=c_{22}$,$x_3= c_{33}$, $x_4 = c_{12}$, $x_5=c_{13}$, $x_6=c_{23}$.

w (x) - густина ймовірностей розподілення Уішарта.

Значення *P* із залежності (7) вирішує питання адекватності математичної моделі (6).

Всі вхідні дані вираховуються на основі матриці спостережень, але для її побудови потрібно виконати наступні операції.

1.Визначити вибірку об’ємів коренеплодів. Ця операція виконується за допомогою мірної ємності для води.

2. Визначити максимальні розміри вибіркових коренеплодів за допомогою штангенциркуля.

3.Визначити середні розміри і підрахувати мінімальні розміри.

4.Скласти матрицю спостереження з об’ємом вибірки в межах $12 < n < 30$.

Адекватність математичної моделі виражається при збільшенні *n*.

Подальші підрахунки дають на виході значення коефіцієнту форми і похибку його визначення.

Висновки. Застосування запропонованої нової конструкції барабанно-лопатевої мийки дасть можливість вести процес миття із значно меншими енерговитратами.

Визначення коефіцієнту форми коренеплоду має практичне значення, що дає можливість рекомендувати оптимальне завантаження коренеплодами робочої зони мийної машини.

1. Хоменко.М.Д. Сучасні схеми і обладнання для переробки цукрових буряків. Транспортування, очищення, отримання стружки і дифузійного соку/Хоменко.М.Д – К.:ІПДО НУХТ, 2006.– 240 с.

2. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник/[Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін.].– Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.

3. Пат.81420 UA, МПК A23N 12/02. Пристрій для миття коренеплодів/ Крисак Ф.М.; Власник Луцький національний технічний університет. - № u 2013 01340; заявка 04.02.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл № 12.

4. Справочник по теории вероятности и математической статистике./ Королюк В.С., Горбенко Н.И., Турбин А.В. – М.:Наука. Главная редакцыя физикоматематической литературы,1980. – 640 с.