

УДК 631.356.2

А.С. Кобець

## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛАСТИЧНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ БУРЯКОЗБИРАЛЬНИХ МАШИН

Обґрунтовано теоретичні залежності основних параметрів очисників коренеплодів від гички і режиму роботи від технологічних характеристик урожаю. Приведені аналітичні рішення дають можливість визначити оптимальні параметри еластичних робочих органів розрахунковим шляхом.

Для очищення гички кормових буряків і доочищення залишків гички на цукрових коренеплодах після її зрізання доцільно використовувати еластичні робочі органи, які оббивають (очіскують) гичку, не ушкоджуючи при цьому коренеплоди.

Роторний очисник являє собою один або два зустрічно обертових вали з жорстко або шарнірно закріпленими на них еластичними елементами (билами). Для очищення кормових буряків від гички вали розташовані перпендикулярно напрямку руху машини, і передній вал обертається в напрямку обертання опорних коліс, а задній вал – в протилежному напрямку (рисунк 1, а). Для доочищення залишків гички на цукрових буряках вали розміщені під деяким кутом  $\beta$  до напрямку руху, передній вал обертається проти напрямку обертання коліс, а задній – навпаки (рис. 1, б).

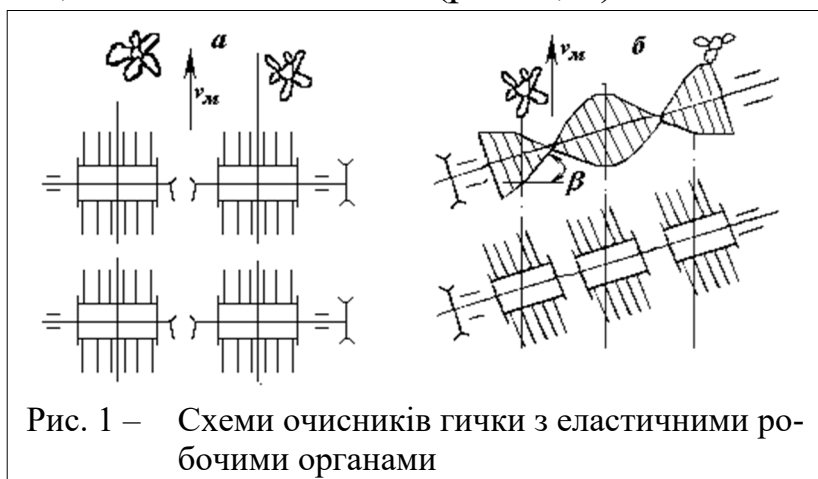


Рис. 1 – Схеми очисників гички з еластичними робочими органами

Крім того, робочі органи переднього вала жорстко закріплені на валу по гвинтовій лінії (ОГД-6). Така конструкція забезпечує не тільки оббивання залишків гички, а й вимітання їх вбік із зони роботи збиральної ма-

шини. Би́ли очисників можуть бути виготовлені з гуми чи іншого еластичного матеріалу. Основними параметрами очисника є діаметр ротора  $D_p$ , довжина робочого органа  $l_p$ , кількість лопастей  $z$  для очищення одного рядка коренеплодів, показник кінематичного режиму

роботи  $\lambda$ .

Робочий орган очисника виконує складний рух – обертається на валу (відносний рух) і рухається разом зі збиральною машиною (переносний рух). Траєкторією абсолютного руху буде складна крива (циклоїда), вигляд якої залежить від параметрів очисника і кінематичного режиму роботи. Завдяки тому, що робочі органи очисника еластичні, при взаємодії з коренеплодами вони відхиляються від класичної циклоїди в нижній частині траєкторії на величину, яка залежить від параметрів очисника і розмірних характеристик коренеплодів.

У вільному русі рівняння траєкторії руху робочого кінця біла очисника має вигляд (рис. 2):

$$\begin{cases} x = v_M t + R \cos wt; \\ y = h' + R - R \sin wt = h' + R(1 - \sin wt), \end{cases} \quad (1)$$

де  $R$  – радіус ротора очисника;  $h'$  – зазор між робочими органами і поверхнею ґрунту.

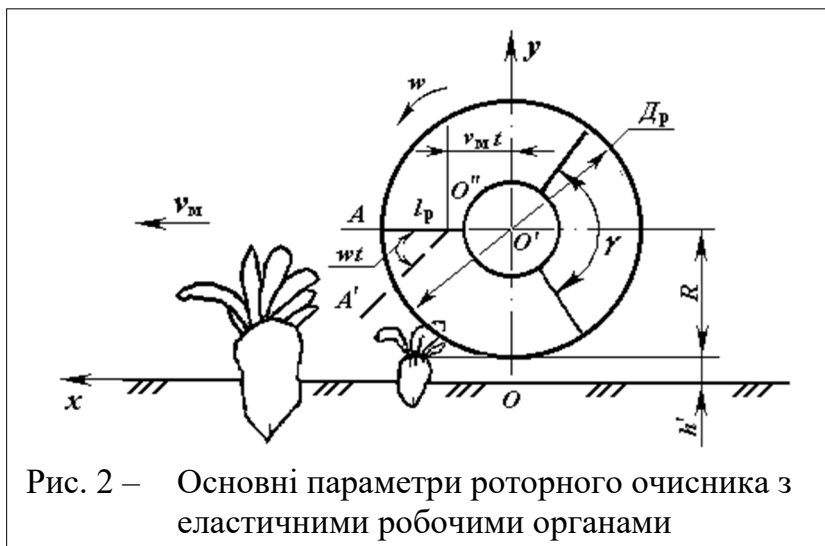


Рис. 2 – Основні параметри роторного очисника з еластичними робочими органами

При розрахунках зазор  $h'$  приймається таким, що дорівнює мінімальній висоті головки коренеплоду над поверхнею ґрунту  $h_{\Gamma \min}$ . А на практиці цей зазор регулюється гвинтовим механізмом опорних коліс очисника, тоді гичка буде очищатися і з найбільш високих і ни-

зьких коренеплодів.

Відхилення робочого органа при взаємодії з коренеплодом від траєкторії руху (1) спостерігається у нижніх квадрантах, і ця ділянка визначається центральним кутом  $\psi_1$  (рис. 3), при якому робочий орган починає взаємодіяти з коренеплодом і центральним кутом  $\psi_2$ , при якому робочий орган виходить із контакту і вирівнюється під дією відцентрових сил. Кут  $\psi_1$  визначається з умови:

$$\cos \psi_1 = \frac{R - \Delta h_{\Gamma}}{R} = 1 - \frac{\Delta h_{\Gamma}}{R}; \quad (2)$$

$$\psi_1 = \arccos\left(1 - \frac{\Delta h_{\Gamma}}{R}\right), \quad (3)$$

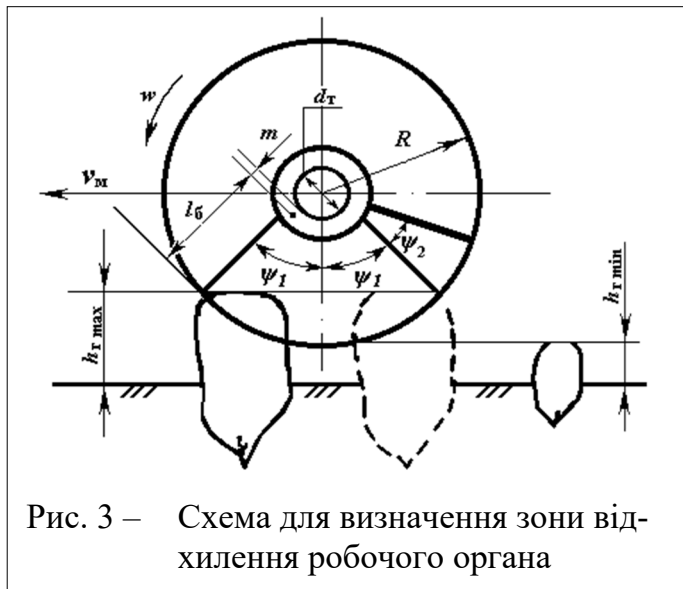


Рис. 3 – Схема для визначення зони відхилення робочого органа

ється кутом  $\psi$ .

де  $\Delta h_{\Gamma} = h_{\Gamma \max} - h_{\Gamma \min}$ .

Значення кута  $\psi_2$  залежить від матеріалу робочого органа, його довжини, способу кріплення до вала і від розмірних характеристик коренеплодів. При розрахунках можна приймати  $\psi_2 = (0,5-0,8) \psi_1$ .

Ділянка траєкторії руху кінця робочого органа в нижніх квадрантах, на якій биля відхиляються від циклоїди, визнача-

$$\psi = 2\psi_1 + \psi_2. \quad (4)$$

Радіус ротора очисника складається з радіуса труби  $d_T/2$ , зазору між трубою і точкою кріплення биля  $m$  і довжини робочого органа  $l_{\text{б}}$

$$R = l_{\text{б}} + m + d_T/2. \quad (5)$$

В існуючих очисниках діаметр труби знаходиться в межах  $d_T = (80-110)$  мм. Зазор  $m$  вибирається конструктивно і дорівнює  $m = (25-40)$  мм. Довжина робочого органа  $l_{\text{б}}$  повинна бути більшою, ніж величина  $\Delta h_{\Gamma}$  ( $l_{\text{б}} = (350-400)$  мм для очищення кормових коренеплодів).

При визначенні параметрів очисника треба враховувати, що еластичні робочі органи при обертанні видовжуються від дії відцентрових сил. Величина видовження  $\delta_{\text{в}}$  залежить від частоти обертання вала очисника  $n$ , початкової довжини  $l_{\text{б}}$  матеріалу і розмірів його поперечного перерізу. Так, для гумових бил діаметром 8 мм величина видовження визначається регресійною залежністю

$$\begin{aligned} \delta = & -502,55 + 2,13n + 3,43l_{\text{б}} - 3,21 \cdot 10^{-3}n^2 - 9,97 \cdot 10^{-3}nl_{\text{б}} - 8,99 \cdot 10^{-3}l_{\text{б}}^2 + \\ & + 2,41 \cdot 10^{-3}n^3 + 6,89 \cdot 10^{-6}n^2l_{\text{б}} + 1,91 \cdot 10^{-3}l_{\text{б}}^2n + 9,24 \cdot 10^{-6}l_{\text{б}}^3 - 0,73 \cdot 10^{-9}n^4 - \\ & - 1,69 \cdot 10^{-9}n^3l_{\text{б}} - 4,2 \cdot 10^{-9}n^2l_{\text{б}}^2 - 1,33 \cdot 10^{-8}l_{\text{б}}^3n - 2,19 \cdot 10^{-9}l_{\text{б}}^4. \end{aligned}$$

Основною кінематичною характеристикою очисника є коефіцієнт кінематичного режиму роботи  $\lambda$ , який залежить від поступальної швидкості руху агрегату  $v_M$  і лінійної швидкості обертання  $v_{\text{б}}$ ,

$$\lambda = \frac{v_{\delta}}{v_M} = \frac{R\omega}{v_M}. \quad (6)$$

При  $\lambda = 1$  траєкторією руху робочого кінця била буде циклоїда, при  $\lambda < 1$  – скорочена циклоїда, при  $\lambda > 1$  – видовжена циклоїда (трохоїда).

Критерієм якості роботи очисника є відношення маси залишків гички  $m_3$ , до всієї маси гички  $m_T$

$$\varepsilon = \frac{m_3}{m_T} \cdot 100\%. \quad (7)$$

Якість очищення  $\varepsilon$  залежить від кількості ударів робочих органів по коренеплоду. Для цього скористуємося формулою для визначення подачі на один робочий орган

$$S_{\delta} = \frac{2\pi R}{z \cdot \lambda}, \quad (8)$$

де  $z$  – кількість робочих органів у поздовжньо-вертикальній площині.

При роботі двовального очисника кількість ударів по коренеплоду билами, які розташовані в одній вертикальній площині, дорівнюватиме

$$n_y = 2 \frac{d_k}{S_{\delta}} = \frac{d_k z \lambda}{\pi R}. \quad (9)$$

При фронтальному кріпленні бил вздовж вала з коренеплодом одночасно буде взаємодіяти кількість бил, яка визначається за формулою

$$z_k = \frac{d_k}{v_{\delta} + \Delta v}, \quad (10)$$

де  $v_{\delta}$  – розмір била в поперечній площині;  $\Delta v$  – зазор між суміжними билами ( $\Delta v = 5 \div 10$  мм).

Експериментально встановлено, що для забезпечення якісного очищення коренеплодів кормових буряків від гички коефіцієнт кінематичного режиму роботи повинен бути  $\lambda = 20 \div 30$ . При менших значеннях  $\lambda$  на коренеплодах лишається маса гички більша від допустимої, а при більших значеннях  $\lambda$  спостерігається пошкодження коренеплодів і вибивання їх з ґрунту.

Вибивання коренеплодів з ґрунту відбувається тоді, коли сила удару бил  $P_{\delta}$  буде більша, ніж горизонтальна сила зв'язку коренеплоду з ґрунтом  $P_T$ , тобто коли не буде виконуватись умова

$$P_{\delta} < P_{\Gamma}. \quad (11)$$

Сила  $P_{\delta}$  визначається з закону про зміну кількості руху

$$P_{\delta} \Delta t = m'(v_1 - v_0), \quad (12)$$

де  $\Delta t$  – час контакту била з коренеплодом;  $m'$  – маса еластичного била;  $v_1$  – швидкість била до удару;  $v_0$  – швидкість била в кінці удару.

Якщо прийняти швидкість била в кінці удару  $v_0 = 0$ , то рівняння (12) можна записати в такому вигляді

$$P_{\delta} \Delta t = m'v_1. \quad (13)$$

Для обертального руху била рівняння матиме вигляд

$$M_{\delta} \Delta t = I_x w, \quad (14)$$

де  $M_{\delta}$  – момент інерції відносно осі обертання;  $I_x$  – осьовий момент інерції била;  $w$  – кутова швидкість била.

Момент сили відносно осі обертання дорівнює

$$M_{\delta} = P_{\delta}R. \quad (15)$$

Підставивши (15) в (14), отримаємо

$$P_{\delta}R \Delta t = I_x w. \quad (16)$$

Звідки

$$P_{\delta} = \frac{I_x w}{R \Delta t}. \quad (17)$$

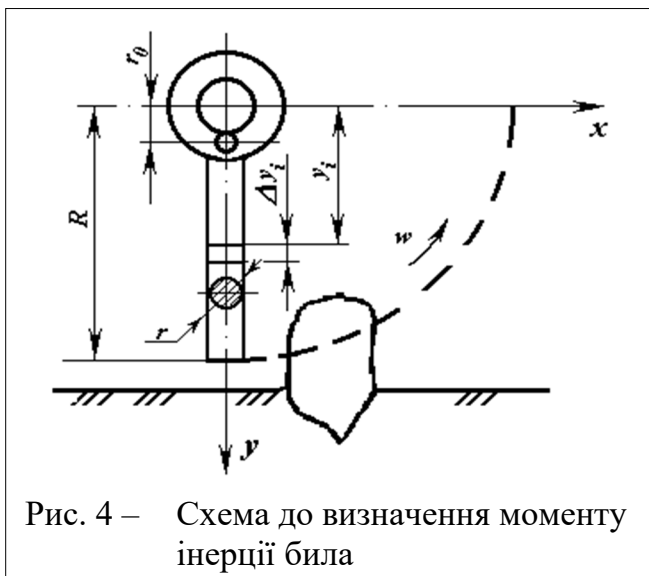


Рис. 4 – Схема до визначення моменту інерції била

Якщо робочий орган очисника в поперечному перерізі має вигляд круга, то маса била буде

$$m_{\delta} = \gamma \pi r^2 (R - r_0), \quad (18)$$

де  $\gamma$  – об'ємна маса била;  $r$  – радіус поперечного перерізу била;  $r_0$  – відстань від осі обертання била до точки кріплення його на валу (рис. 4).

Знайдемо цю відстань з рівняння

$$r_0 = \frac{d_T}{2} + m. \quad (19)$$

Якщо розбити робочий орган по довжині на нескінченно малі елементи  $\Delta y$ ; то маса такого елемента дорівнюватиме

$$m_i = \gamma \pi r^2 \Delta y_i. \quad (20)$$

Момент інерції біла відносно осі  $x$  буде

$$I_x = \sum_{i=1}^n m_i y_i^2 = \sum_{i=1}^n \gamma \cdot \pi \cdot r^2 \Delta y_i y_i^2. \quad (21)$$

Перейшовши до границі суми, отримаємо визначений інтеграл

$$\begin{aligned} I_x &= \int_{r_0}^R \lambda \cdot \pi \cdot r^2 y^2 dy = \pi \cdot r^2 \gamma \int_{r_0}^R y^2 dy = \pi \cdot r^2 \gamma \left. \frac{y^3}{3} \right|_{r_0}^R = \pi \cdot r^2 \gamma \left( \frac{R^3}{3} - \frac{r_0^3}{3} \right) = \\ &= \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \gamma (R^3 - r_0^3). \end{aligned} \quad (22)$$

Час  $\Delta t$  контакту біла з коренеплодом запишемо так:

$$\Delta t = \frac{\psi_1 + \psi_2}{w} = \frac{1,5 [\arccos(1 - \Delta h_r / R)]}{w}. \quad (23)$$

Підставивши рівняння (22) і (23) в рівняння (17), отримаємо силу удару робочого органу по коренеплоду

$$P_0 = \frac{\pi \cdot r^2 \gamma (R^3 - r_0^3) \cdot w^2}{4,5 R [\arccos(1 - \Delta h_r / R)]}. \quad (24)$$

Користуючись цим рівнянням, можна вибрати матеріал робочого органу за об'ємною масою  $\gamma$  і параметри очисника, щоб виконувалась умова (11), а коренеплоди при роботі очисника не вибивалися з ґрунту.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кобець А.С. Основні теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: 1999. – 204 с.