

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДІЮЧОЇ СИЛИ ЕЛАСТИЧНОГО БИЧА НА КОРЕНЕПЛІД ЦУКРОВОГО БУРЯКА**

**А.Ю. Ліннік**, кандидат технічних наук

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

*У статті наведено дослідження процесу взаємодії еластичного очисного елемента з голівкою коренеплоду. Визначено значення сили, що діє на корінь з боку очисника.*

**Ключові слова:** очисник, коренеплід, цукровий буряк.

**Постановка проблеми.** Однією з проблем при збиранні коренів цукрового буряка є доочищення голівок коренеплодів. У цій проблемі важливе місце належить визначення діючої сили на коренеплід з боку очисного елемента. Ефективність роботи очисників голівок коренеплодів визначають ступінь відокремлення залишків гички і показник пошкодження головок коренеплодів [1]. Це якісні показники, для яких необхідно дослідити зусилля, з яким діє очисник на коренеплід, виходячи з умови, що інтеграл сили, переданий кореню, врівноважується кінетичною енергією, переданою кореню.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомі дослідження показників роботи очисників головок коренеплодів показують, що найефективніше працюють доочищувачі ротаційного типу з комбінованими лопатєво-пальцевими робочими органами [2]. Теоретичні дослідження стосуються переважно взаємодії еластичного робочого органу з коренеплодом [3], який забезпечує менше пошкодження головок коренеплодів за достатньої якості їх очищення від залишків гички. Тому дослідження в цьому напрямі є актуальними та своєчасними.

**Метою даної роботи** є визначення значення сили, що діє на корінь з боку очисника, виходячи з умови, що інтеграл сили, яку передав кореню очисник, врівноважується кінетичною енергією, переданою кореню.

**Результати досліджень.** Визначення сили, діючої на коренеплід з боку очисної лопаті (бича), раціонально проводити з урахуванням фізико-механічних властивостей контактуючих

тіл. Це дозволить врахувати всі важливі фактори, які впливатимуть на якісне виконання процесу очистки гички.

Для визначення сили  $P_f$ , що діє на корінь, можна скористатися теоремою Карно–Остроградського [3] згідно з якою інтеграл сили, яка передана кореню, врівноважується кінетичною енергією  $T_k$ , переданою кореню:

$$\int_0^t P_f dt = T_k . \quad (1)$$

Енергія контакту бича з головкою коренеплоду визначиться як:

$$T_k = M_{pr} (\omega r) , \quad (2)$$

де  $M_{pr}$  – приведена до місця контакту маса очисника;  $\omega$  – кутова швидкість;  $r$  – радіус очисника.

Приведена маса  $M_{pr}$  до точки контакту може бути визначена з урахуванням умови, що кінетична енергія всієї системи відносно точки обертання дорівнює кінетичній енергії відносно точки контакту.

Кінетична енергія всієї системи при складному русі становить:

$$T_s = \frac{1}{2} I_o \omega^2 + \frac{1}{2} m_s v_m^2 , \quad (3)$$

де  $I_o$  – момент інерції всієї системи відносно точки обертання;  $m_s$  – маса робочого органу доочисника.

Момент інерції системи виражається таким чином:

$$I_o = nI_l + I_{ma} , \quad (4)$$

де  $I_l$  – момент інерції бичів,  $I_{ma}$  – момент інерції (відносно осі обертання) матриці кріплення елементів робочого органу і вала з усіма обертаючими частинами, крім бичів і прутків.

Складова, що описує момент інерції бичів  $I_l$ , визначається за виразом:

$$I_l = \frac{m_l r_l^2}{2}, \quad m_l = B r_l \delta_l \rho_l, \quad (5)$$

де  $B$  – ширина бича,  $r_l$  – довжина бича,  $\rho_l$  – густина матеріалу лопаті,  $\delta_l$  – товщина бича,  $m_l$  – маса бича.

Враховуючи те, що лопать має прямокутний перетин та постійну густина матеріалу  $\rho_l$ , момент інерції лопатей матиме вигляд:

$$I_l = n \left( r_l^3 / 3 \right) B \delta_l \rho_l. \quad (6)$$

Складова моменту інерції маточини  $I_{ma}$  та частин опор робочого органу, що обертаються, визначається таким чином:

$$I_{ma} = \frac{m_a r_m^2}{2}, \quad m_a = \pi r_m^2 l_m \rho_m, \quad (7)$$

де  $r_m$  – діаметр маточини,  $l_m$  – довжина маточини,  $\rho_m$  – густина матеріалу маточини,  $m_a$  – маса маточини.

Кінетична енергія всієї системи при складному русі робочого органу в розгорнутому вигляді становить:

$$T_s = \frac{1}{2} w^2 I_0 + \frac{1}{2} v_m^2 (n m_l + m_a). \quad (8)$$

Підставивши значення  $I_0$  з виразу (4), враховуючи вирази (6), (7), вираз (8) набуде вигляду:

$$T_s = \frac{1}{2} (2 B n r_l (2 v_m^2 + r_l^2 w^2) \delta_l \rho_l + 2 l_m (2 r_m^2 v_m^2 + r_m^4 w^2) \rho_m). \quad (9)$$

Кінетична енергія системи, приведена до точки контакту бича з голівкою коренеплоду, становить:

$$T_k = \frac{1}{2} v_l^2 M_{pr}. \quad (10)$$

Кінетична енергія системи відносно центру обертання і відносно точки контакту повинна бути однаковою, звідки ви-

значається приведена до точки контакту маса, за умови, що бич є жорстким, негнучким:

Приведена до точки контакту маса дорівнює:

$$M_{pr} = \frac{B^2 n^2 \left( 2Bnr_l (2v_m^2 + r_l^2 w^2) \delta_l \rho_l + 2l_m (2r_m^2 v_m^2 + r_m^4 w^2) \right) \rho_m}{4 \left( B^2 n^2 + 4\pi^2 (r_l + r_m)^2 \right) v_m^2}. \quad (11)$$

У випадку, коли бич деформується при ударі по головці коренеплоду, частина кінетичної енергії бича буде витрачатися на деформування самого бича (прогин). Прогин бича проходить в напрямку перпендикулярному його осі. При цьому потенціальна енергія прогину становить [4]:

$$U = \frac{2M_{pr}^2 r_l^2 (r_l - r_m) (r_l^2 + r_l r_m + r_m^2) w^4}{BE \delta_l^3}. \quad (12)$$

З урахуванням втрати кінетичної енергії бича на його прогин приведена маса бича до точки контакту матиме вигляд:

$$M_{pr} = \frac{1}{8r_l^2 (r_l^3 - r_m^3) w^4} \left( BEr_l^2 w^2 \delta_l^3 + 2BEr_l r_m w^2 \delta_l^3 + BEr_m^2 w^2 \delta_l^3 - \sqrt{BEw^4 \delta_l^3 \left( BE(r_l - r_m)^4 \delta_l^3 + 4r_l^2 (r_l^3 - r_m^3) \times \right.} \right. \quad (13)$$

$$\left. \left. \times \left( 2Bbr_l (2v_m^2 + r_l^2 w^2) \delta_l \rho_l + \pi \left( 2l_m (2v_m^2 + r_l^2 w^2) \right) \rho_m \right) \right) \right).$$

Для визначення часу інтегрування виразу (1) необхідно розглянути схему, що представлена на рис. При цьому можна прийняти, що час контакту бича з коренем буде дорівнювати часу, при якому бичак буде проходити по голівці коренеплоду.

Якщо вважати, що час дії визначається як час проходження бича з положення точки на висоті  $r_k$  до осі кореня, то цей час становитиме:

$$t = \frac{\varphi}{w} = \frac{1}{w} \arctg \left( \frac{r_k}{h - h_k} \right), \quad (14)$$

КОЛИ:

$$t = \frac{1}{w} \arctan\left(\frac{rk}{h - hk}\right).$$

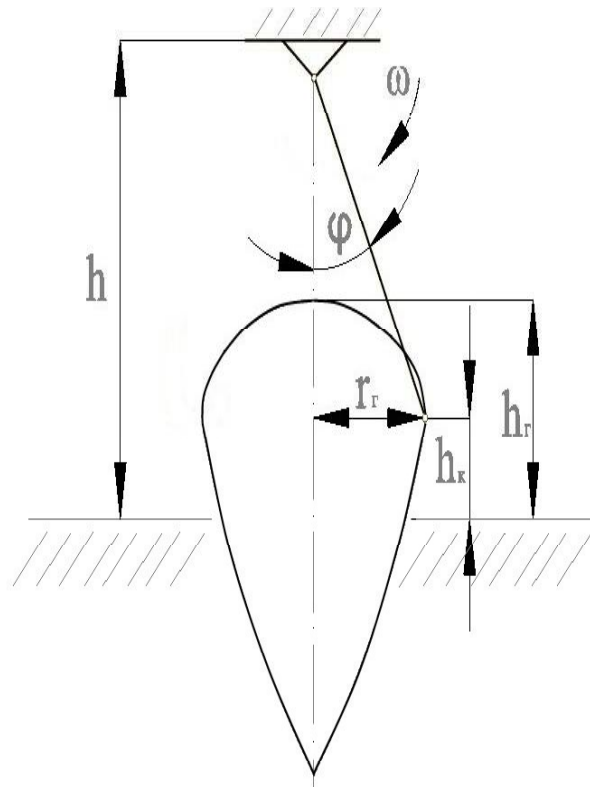


Рис. Схема до визначення часу дії бияка на корінь:  
 $h$  – відстань між поверхнею ґрунту та валом очисника,  $h_k$  – відстань від поверхні ґрунту до тіла коренеплоду,  $h_r$  – висота коренеплоду,  $r_r$  – радіус коренеплоду,  $\omega$  – кутова швидкість обертання очисника,  $\varphi$  – кут повороту бияка

Звідси сила визначається як:

$$P_f = - \frac{r^2 \left( BEr_l^2 w^2 \delta_l^3 + 2BEr_l r_m w^2 \delta_l^3 + BEr_m^2 w^2 \delta_l^3 - \sqrt{BEw^4 \delta_l^3 \left( BE(r_l + r_m)^4 \delta_l^3 + 4r_l^2 (r_l^3 + r_m^3) \times \right. \right.}{16r_l^2 (r_l^3 - r_m^3) w \arctan\left[\frac{r_k}{h - h_k}\right]} \quad (15)$$

Знайдене значення сили і буде шукана сила, передана кореню під час взаємодії з ним очисника.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень визначено силу удару лопаті по головці коренеплоду. Ця енергія удару є початковою умовою для розв'язання контактної задачі, вирішення якої дозволить визначити параметри та режими роботи очисника, що забезпечить відокремлення залишків гички без пошкодження тіла коренеплоду.

Список використаних джерел:

1. Погорельый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорельый, Н.В. Татьянако. — К. : Феникс, 2004. — 232 с.
2. Хелемендик М.М. Напрями і методи розробки робочих органів сільськогосподарських машин / Хелемендик М.М. — К. : Аграрна наука, 2001. — 280 с.
3. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия / Джонсон К. — М. : Мир, 1989. — 510 с.
4. Ліннік А.Ю. Кінематика ротаційного очисника головок коренеплодів / Ліннік А.Ю., Ковбаса В.П., Соломка В.О. // Вісник Львівського національного аграрного університету. Агроінженерні дослідження — 2008. — №12. — Т. 2 — С.201–207.

**А.Ю. Линник. Определение действующей силы эластического бича на корнеплод сахарной свеклы.**

*В результате кинематических исследований взаимодействия ротационного доочистителя головок корнеплодов с лопастево-пальцевыми рабочими органами получено значение силы, действующей на корень со стороны очистителя исходя из условия, что интеграл силы, переданной очистителем, уравновешивается кинетической энергией, переданной корню.*

**A. Linnik. Determination of operating force of elastic whip on the root crop of sugar beet.**

*At the results of the kinematic studies of the interaction of the rotary head cleaner roots with finger working bodies is gained the value of the force which acts on the square by the cleaner from the condition that the integral of force of transmitted scold cleaner with balanced kinetic energy transferred to the root.*