

УДК 631.356.02

ОБГРУНТУВАННЯ ШВИДКІСНОГО РЕЖИМУ НОВОГО КОПІРНО-РОТОРНОГО ВІДОКРЕМЛЮВАЧА ГИЧКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Булгаков В.М

Борис А.М

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Разработан новый высокопроизводительный копирно-роторный отделитель ботвы, который позволяет совмещать во времени операции копирования и отделения ботвы сахарной свеклы. Построена математическая модель копирования головок корнеплодов и проведено исследование времени восстановления рабочим органом исходного положения перед следующим копированием. В результате установлена максимально допустимая скорость движения отделителя ботвы, которая обеспечивает необходимую точность копирования.

A new high-performance tracer rotary beet tops removing mechanism, which lets you combine in-time copy operation and the separation of sugar beet tops. A mathematical model heads up roots and conducted research recovery time working body starting position before the next copy. As a result, set the maximum allowable speed separator tops, which provides the required accuracy of copying.

Постановка проблеми

Цукрові буряки є стратегічною культурою, оскільки цукор є необхідним продуктом у харчуванні людей. Ключовим питанням при вирощуванні цукрових буряків є їх збирання. Особливої уваги заслуговує операція відокремлення гички з головок на корені. В переважній більшості сучасних машин для відокремлення решток гички використовуються копірні робочі органи. Для них гостро стоїть проблема незадовільної якості копіювання головок коренеплодів на підвищеній швидкості руху машини співрозмірній із швидкістю руху коренезбиральної машини або комбайна. Тому збільшення продуктивності процесу відокремлення гички шляхом застосування нового копірно-роторного відокремлювача гички та обґрунтування його параметрів є актуальним науково-технічним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Питаннями теоретичних та експериментальних досліджень відокремлення гички з головок коренеплодів присвячені чисельні праці П. М. Василенка, В. М. Булгакова, Л. В. Погорілого, П. В. Савича, М. В. Татянка [3, 2, 3, 4].

Постановка завдання

Основним завданням даного дослідження є аналітичне визначення залежностей між режимами роботи нового копірно-роторного відокремлювача гички цукрових буряків та часом відновлення робочим органом вихідного положення.

Виклад основного матеріалу дослідження

На основі розробленого нами технологічного процесу комбінованого відокремлення гички цукрових буряків запропонована наступна конструкційна схема робочого органу. Копірно-роторний відокремлювач гички (рис. 1) складається з несучого диска 1, встановлених на шарнірах 2 робочих елементів, що складаються з жорстко зв'язаних між собою копірної частини 3, упорів 4 та ріжучої частини 5. Між сусідніми робочими елементами існує кінематичний зв'язок за допомогою упорів 4.

Попередньо обґрунтовані основні конструкційні параметри: кут нахилу осі ротора до горизонталі $\alpha = 0$, кут нахилу робочого елемента до горизонту $\beta = 40^\circ$; довжина робочого елемента $l_e = 0,155$ м; радіус осі підвісу робочих елементів $r_0 = 0,2$ м; початковий кут відхилення робочого елемента від площини обертання $\varphi_0 = 50^\circ$; діаметр ротора $D = 600$ мм; частота обертання ротора $n = 500 \dots 700$ хв⁻¹, швидкість різання $V_r = 12 \dots 22$ м/с.

Для перевірки даного робочого органу на здатність копіювати різновисокі головки коренеплодів в діапазоні робочих швидкостей складена розрахункова схема (рис. 2) та побудована математична модель вільних коливань від площини обертання прямолінійного стрижня постійного поперечного перерізу.

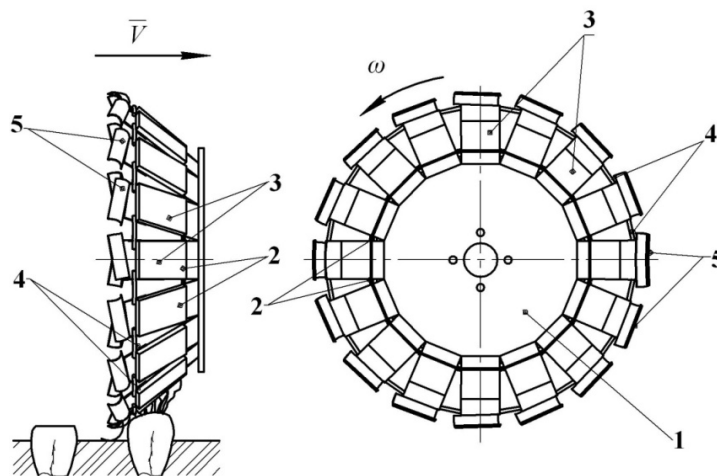


Рис. 1. Конструкційна схема нового копірно-роторного відокремлювача гички

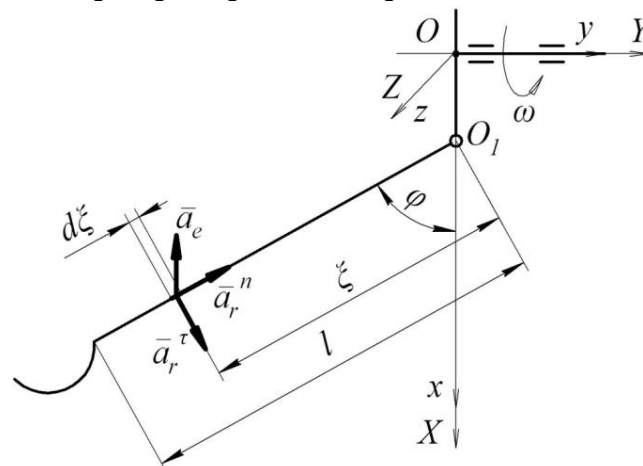


Рис. 2. Еквівалентна схема робочого елемента

Отримано диференційне рівняння обертального руху робочого елемента, яке має наступний вигляд:

$$m\omega^2 \left(\frac{l}{2} r_0 \sin \varphi + \frac{l^2}{6} \sin 2\varphi \right) - m \frac{l^2}{3} \ddot{\varphi} = 0. \quad (1)$$

Зроблене припущення про те, що друга складова рівності (1) є моментом сил інерції стрижня відносно осі підвісу. Тоді логічно припустити, що перша складова є моментом відцентрових сил інерції і вираз (1) є диференціальним рівнянням вільного обертального руху шарнірно закріпленого стрижня навколо осі підвісу розташованої на віддалі r_0 [6].

За конструкційно-технологічними параметрами складене диференційне рівняння вільногообертального руху реального робочого елемента. Враховуючи, що момент відцентрових сил інерції циліндричного шарніра буде рівним нулю, то сумарний момент інерції відцентрових сил робочого елемента визначимо, як:

$$M_R = M_K + M_{\Pi} + M_H, \quad (2)$$

де M_K, M_{Π}, M_H – відповідно моменти відцентрових сил інерції копірної частини, пластинки і ножа (рис. 3).

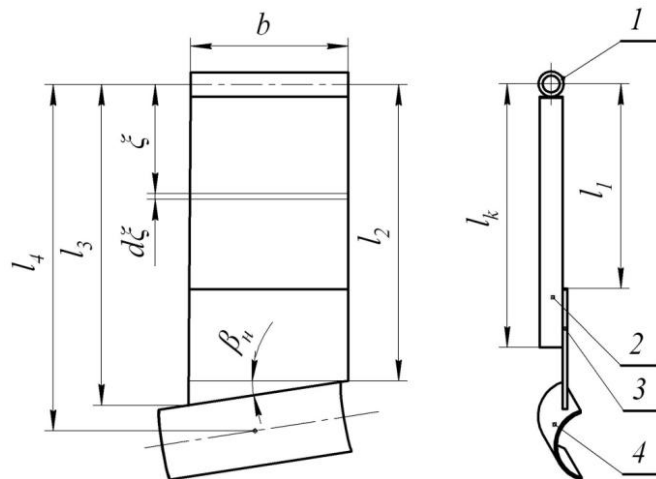


Рис. 3. Схема робочого елемента: 1 – шарнір; 2 – копірня частина; 3 – пластинка; 4 – ніж

В результаті розрахунків моментів відцентрових сил складових реального робочого елемента, залежність (2) прийме наступний вигляд:

$$M_R = \omega^2 (a \sin 2\varphi + b \sin \varphi), \quad (3)$$

де a, b – постійні коефіцієнти, що враховують розмірно-масові параметри робочого елемента ($a = 6,8 \cdot 10^{-4} \text{ Н м с}^2$, $b = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ Н м с}^2$). Тоді, сумарний момент інерції робочого елемента відносно осі підвісу $J = 1,587 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^2$.

З врахуванням конкретних значень конструкційних параметрів диференційне рівняння коливань робочого елемента навколо осі підвісу (1) набуде остаточного вигляду:

$$J \ddot{\varphi} + \omega^2 (a \sin 2\varphi + b \sin \varphi) = 0. \quad (4)$$

Рівняння (4) розв'язане чисельними методами [4] та отримана залежність зміни кута відхилення від часу кожного робочого елемента при сході системи робочих елементів з головки коренеплоду.

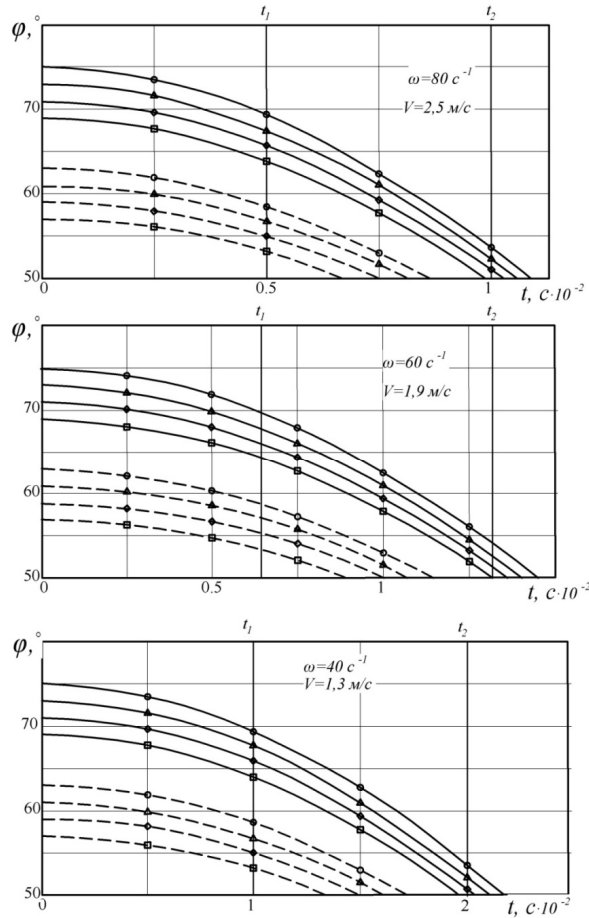


Рис. 4. Залежність кута відхилення робочого елемента від часу:

○ △ ◇ □ – відповідно останнього ріжучого та 1, 2, 3 наступних елементів системи;
— взаємодія з коренеплодом $h = 80$ мм; — — взаємодія з коренеплодом $h = 40$ мм

Використовуючи графічні залежності (рис.4), промодельований процес копіювання робочими елементами екстремального випадку розташування суміжних головок коренеплодів при різних режимах роботи (рис. 5). Як видно з наведеного графічного аналізу, при сходженні робочого органу з головки коренеплоду робочі елементи, при проходженні крайнього нижнього положення, практично копіюють тильну сторону головки. Це свідчить про правильність вибору кінематичного режиму, нечутливість робочого органу до зміни поступальної швидкості та добре копіювання головок коренеплодів різної висоти виступання.

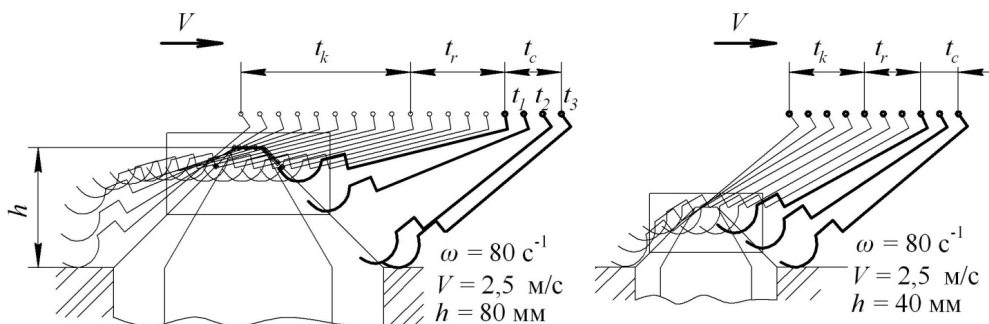


Рис. 5. Графічний аналіз копіювання головок коренеплодів робочими елементами копінно-роторного відокремлювача гички

Використовуючи складену розрахункову схему (рис. 6) аналітично визначені залежності допустимого часу відновлення вихідного положення від режимів роботи, конструктивних параметрів відокремлювача гички і параметрів посіву, які мають наступний вигляд:

$$t_d = \left(\frac{10\pi}{\omega} \right) \left[\frac{0,11h + 10}{2} + htg\alpha + r_n \arctg \frac{\alpha_z}{2} + \sqrt{l_k^2 - (d - r_n)^2} - d_1 + (h - h_{зр})tg\alpha_z + \sqrt{l_k^2 - (d - h_{зр} + r_n)^2} \right], \quad (5)$$

де h – висота виступання головки коренеплоду над рівнем ґрунту; α_z – половина кута конусності головки коренеплоду; ω – кутова швидкість обертання ротора; r_n – радіус ножа робочого елемента; l_k – конструктивна довжина робочого елемента; d – відстань від землі до осі підвісу робочих елементів; d_1 – діаметр вершини головки коренеплоду; $h_{зр}$ – висота зрізу головки коренеплоду.

Також, використовуючи математичну модель обертального руху робочого елемента встановлена залежність теоретично визначеного часу відновлення вихідного положення від кутової швидкості обертання ротора (рис. 7). Розрахунки проводились при значенні відстані від центру ножа до осі підвісу $l_k = 0,14$ м. Для дослідження вибраний випадок максимально виступаючого коренеплоду $h = 0,08$ м у якого висота в зрізаному стані буде становити $h_{зр} = 0,06$ м.

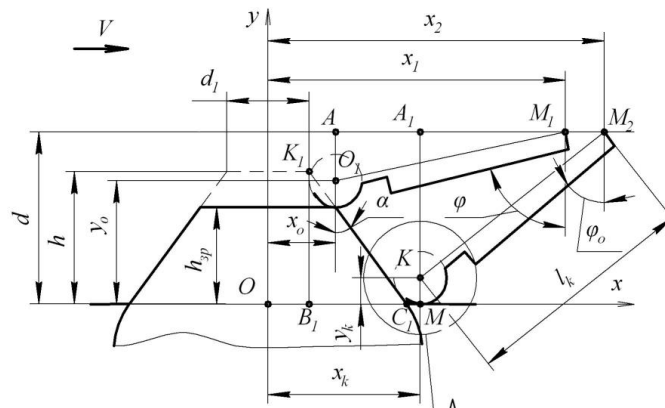


Рис. 6. Схема для визначення необхідного часу відновлення робочим органом вихідного положення

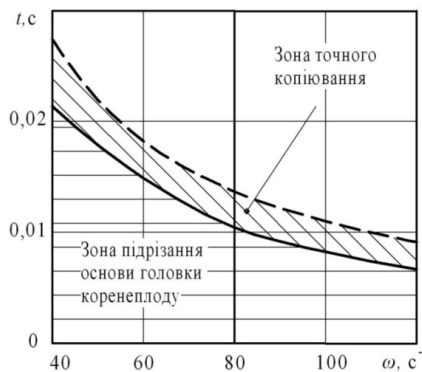


Рис. 7. Залежність часу відновлення робочим органом вихідного положення від кутової швидкості ротора: (— —) час розрахований теоретично; (—) допустимий час

Проведенеспівставлення допустимого часу та теоретично визначеного дало можливість визначити максимально можливу допустиму швидкість руху відокремлювача гички цукрових буряків до 3,8 м/с. Графічна залежність необхідного часу відновлення робочим органом вихідного положення від кутової швидкості наведена на рис. 7.

З графіків рис. 7 зробимо висновок про те, що розрахунковий час відновлення вихідного положення реального робочого органу t_v дещо менший від необхідного, але слід зауважити, що ця різниця досить мала і складає 0,006 с. За даний час робочий орган змінює своє положення по куту відхилення робочих елементів менше 1 (рис. 4), що є допустимим і значних пошкоджень основи головки коренеплоду не буде.

Висновки

3. Встановлено, що запропонована конструкційна схема копінно-роторного відокремлювача гички цукрових буряків забезпечує точність копіювання головок коренеплодів при швидкості поступального руху робочого органу $V = 1,3 \dots 3,8$ м/с і відповідній кутовій швидкості обертання ротора $\omega = 40 \dots 120$ с⁻¹.

4. Визначений час відновлення робочим органом вихідного положення, що змінюються в межах 0,01...0,03 с повністю забезпечує відновлення вихідного положення при сході його з високовиступаючого коренеплоду до взаємодії з наступним розташованим поряд низьковиступаючим коренеплодом.

Література

1. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. – Київ: Видавничий центр НАУ, 2005. – 245 с.
2. Василенко П. М., Погорельий Л. В. Основы научных исследований. – К.: Вища школа, 1984. – 266 с.
3. Комплексная механизация производства сахарной свеклы / [А. А. Василенко, П. Т. Бабий, П. В. Савич и др.]. – К., 1962. – 243 с.
4. Погорельий Л.В., Татьяна Н.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
5. Фильчаков П. Ф. Справочник по высшей математике / П. Ф. Фильчаков – К.: Наукова думка, 1974 – 743 с.
6. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики: учебн. для высш. технич. заведений / С. М. Тарг – М.: Высш. шк., 1986. – 416 с.