

УДК 631.356.2

Ю. Б. Гладь, канд. техн. наук, доц., І. Г. Ткаченко, канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, (Україна)

І. В. Фльонц, канд. техн. наук, доц.

Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут», (Україна)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТЕРА-ОЧИСНИКА КОРЕНЕПЛОДІВ З ПРУЖНИМИ СКРЕБКАМИ

**Yu. B. Hlado, Ph.D., Assoc. Prof., I. G. Tkachenko, Ph.D., Assoc. Prof.,
I. V. Flonts, Ph.D., Assoc. Prof.**

MATHEMATICAL MODEL OF THE TRANSPORTER-CLEANER OF BEETROOT WITH SPRINGS SCRAPERS

Очищення коренеплодів в процесі збирання з мінімальними пошкодженнями підвищує якість сировини та зменшує кількість родючого ґрунту, що вивозиться з поля.

Існуючі конструкції транспортерів-очисників розглянуті в роботах [1-4], де описані їх переваги та недоліки. Для покращення очищення коренеплодів в процесі переміщення запропоновано транспортер-сепаратор [5], який є зручним щодо регулювання інтенсивності очищення та менш енергозатратним.

Для визначення раціональних параметрів конструкції транспортера-очисника необхідно провести аналіз силових і кінематичних параметрів процесу очищення з метою мінімізації силових впливів на коренеплід, що значною мірою зменшить його пошкодження без втрати ефективності очищення.

Розглянемо транспортно-очисну систему, яка складається із трьох елементів: скребка, коренеплоду і полотна транспортера. Коренеплід рухається вздовж відносно поверхні скребка та обертається разом із скребком відносно його осі.

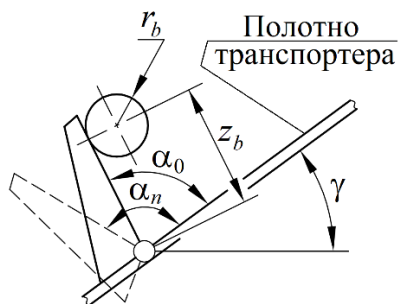


Рис. 1 – Схема руху коренеплоду при його очищенні

Положення скребка, коренеплоду і полотна транспортера у процесі очищення показано на рис. 1.

Систему рівнянь руху скребка і коренеплоду запишемо у формі

$$J_c \ddot{\alpha} = -C_c (\alpha_H + \alpha - \alpha_0) - m_c r_c g \cos(\alpha + \gamma) + F_b z_b; \quad (1)$$

$$m_b \ddot{z}_b = -F_b f - m_b g \sin(\alpha + \gamma - \delta) + m_b \dot{\alpha}^2 z_b; \quad (2)$$

$$J_b \ddot{\alpha} = -F_b z_b - 2m_b z_b \dot{z}_b \dot{\alpha} - m_b z_b g \cos(\alpha + \gamma - \delta), \quad (3)$$

де J_c – момент інерції скребка відносно точки його обертання; C_c – кутова жорсткість пружини скребка;

α_H – початковий кутовий натяг пружини скребка, m_c – маса скребка, r_c – радіус центра мас скребка, F_b – сила тиску коренеплоду на скребок (реакція), m_b – маса коренеплоду, f – коефіцієнт тертя коренеплоду по поверхні скребка, $\delta = \arctg(r_b / z_b)$ – кут відхилення центру мас коренеплоду від поверхні скребка, J_{b0} – момент інерції коренеплоду відносно його центру мас, $J_b = J_{b0} + m_b z_b^2$ – момент інерції коренеплоду відносно точки обертання, решта позначень зображена на рис. 1.

Після перетворень отримаємо систему двох нелінійних диференціальних рівнянь руху, яку розв'язуємо чисельним методом за допомогою комп'ютерних програм.

$$\ddot{z}_b = \frac{\left(\frac{J_{b0} + m_b z_b^2}{z_b}\right) \ddot{\alpha} + 2m_b \dot{z}_b \dot{\alpha} + m_b g \cos(\alpha + \gamma - \delta)}{m_b} f - g \sin(\alpha + \gamma - \delta) + z_b \dot{\alpha}^2; \quad (4)$$
$$\ddot{\alpha} = \frac{-C_c (\alpha_H + \alpha - \alpha_0) - m_c r_c g \cos(\alpha + \gamma) - 2m_b z_b \dot{z}_b \dot{\alpha} - m_b z_b g \cos(\alpha + \gamma - \delta)}{J_c + J_{b0} + m_b z_b^2}.$$

Врахуємо початкові умови руху:

$$\alpha(0) = \alpha_n; \quad z_b(0) = z_{b0} = r_b; \quad \dot{\alpha}(0) = 0; \quad \dot{z}_b(0) = 0. \quad (5)$$

Кінець руху коренеплоду по поверхні скребка визначається умовою $\alpha = \alpha_0$.

Після відриву від поверхні скребка коренеплід здійснює вільний рух під кутом до горизонту в бік полотна транспортера до контакту з ним. При контакті відбувається удар і струшування зайвого ґрунту. Початкові швидкості та координати коренеплоду при відриві від скребка визначаються із розв'язку системи (4).

Рух коренеплоду після відриву описується простими рівняннями, що не наводяться у тезах.

На основі вказаної математичної моделі проведено дослідження впливу механічних параметрів системи (мас, жорсткостей та кутів) на основні характеристики процесу транспортування: швидкість та відстань польоту, а також швидкість падіння коренеплоду.

Збільшення жорсткості пружини збільшує енергію її деформації, що в свою чергу, збільшує швидкість та відстань польоту коренеплоду. Початковий натяг пружини сприяє зростанню швидкості кидання та відстані польоту. Збільшення кута відхилення скребка пропорційно збільшує швидкість та відстань польоту, проте внаслідок зростання часу переміщення коренеплоду по скребку при його великих відхиленнях значно зростає нормальна складова швидкості коренеплоду та кут його вильоту над поверхнею транспортера. Це призводить до збільшення відстані та часу польоту коренеплоду до падіння. Аналіз залежності параметрів кидання від кута нахилу транспортера показує, що швидкості кидання та кут вильоту практично не залежать від цього параметру, а довжина кидання незначно зростає.

Раціональна конструкція скребкового транспортера повинна мати параметри, які б забезпечили задану відстань кидання для певного діапазону мас коренеплодів, що може бути досягнуто зміною кута нахилу транспортера, жорсткості та початкового натягу пружини, а також кута відхилення скребка.

Література

1. Ткаченко І. Г., Гладь Ю. Б., Гевко Р. Б., Павелчак О. Б. Обґрунтування параметрів транспортера-сепаратора. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. Луцьк : ЛДТУ, 2000. Вип. 7. С. 260-266.
2. Nevko R. B., Tkachenko I. G., Synii S. V., Flonts I. V. (2016) Development of design and investigation of operation processes of small-scale root crop and potato harvesters. INMATEH: Agricultural engineering, vol. 49, no. 2.- pp. 53-60.
3. Nevko R. B., Tkachenko I. G., Rogatynskiy R. M., Synii S. V., Flonts I. V., Pohrishchuk B. V. (2019) Impact of parameters of an after-cleaning conveyor of a root crop harvester on its performance, INMATEH: Agricultural Engineering, vol. 59, no. 3. - pp. 41-48.
4. Nevko R. B., Tkachenko I. G., Gandziuk M. O., Hlado Y. B., Synii S. V., Trokhaniak O. M. Mathematical model of a root harvester after-cleaning system / Bulletin of the Karaganda university, Kazakhstan. - №4 (96). - 2019. - pp. 81-89.
5. Фльонц І. В., Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г. Транспортер-сепаратор для коренебульбоплодів. Патент України на корисну модель №31875, МПК (2006), A01D 27/00. №u200713963; заявл. 12.12.2007; опубл. 25.04.2008, Бюл.№8.