

DOI 10.26886/2414-634X.6(42)2020.10

UDC: 631.356.26

**EXPERIMENTAL STUDIES OF QUALITY INDICATORS
OF THE TRANSPORT CLEANING SYSTEM**

M. Pankiv, PhD of Technical Sciences

<https://orcid.org/0000-0002-4505-2168>

e-mail: pankivmr@bigmir.net

M. Pidhurskyi, PhD of Technical Sciences

<https://orcid.org/0000-0002-0218-8874>

e-mail: pidhurskyi@gmail.com

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine, Ternopil

The efficiency of the technological process of cleaning root crops from impurities is ensured by developing, justifying the parameters and application of advanced cleaning systems of the heap of root crops. The description of a design and the principle of work of transport and clearing system of a heap of root crops is resulted. According to the results of field planned factorial experiments, regression equations were obtained, which characterize the change of components of the heap of root crops depending on the structural and kinematic parameters of the transport and cleaning system and the operating conditions of the root harvesting machine. The results of the study are the prerequisites for the development of methodology and methods for optimizing the parameters of treatment systems of root harvesting machines.

Key words: loading conveyor, cleaning slide, auger system, roots, general impurities, damage to roots.

кандидат технічних наук, Паньків М.Р., доктор технічних наук, Підгурський М.І. Експериментальні дослідження показників якості роботи транспортної очисної системи / Тернопільський

національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна, Тернопіль

Ефективність технологічного процесу очищення коренеплодів від домішок забезпечується шляхом розробки, обґрунтування параметрів і застосування удосконалених очисних систем вороху коренеплодів. Підвищення показників якості роботи очисних систем досягається за рахунок інтенсифікації процесу відокремлення вільних і зв'язаних домішок від коренеплодів. За результатами реалізації польових планованих факторних експериментів отримано рівняння регресії, які характеризують зміну складових компонентів вороху коренеплодів залежно від конструктивно-кінематичних параметрів транспортно-очисної системи та умов роботи коренезбиральної машини. Результати дослідження є передумовами розробки методології та методики оптимізації параметрів очисних систем коренезбиральних машин.

Ключові слова: завантажувальний транспортер, очисна гірка, система шнеків, коренеплоди, загальні домішки, пошкодження коренеплодів.

Постановка проблеми. Розробка та впровадження у виробництво високоефективних технологічних процесів збирання коренеплодів можливе на основі інтегрованого наукового підходу до вирішення актуальних проблем подальшого підвищення показників якості роботи коренезбиральних машин. Рішення наукової проблеми досягається шляхом інтенсифікації процесів відокремлення вільних і «зв'язаних» компонентів домішок від коренеплодів [1, с. 20-21; 2, с. 301], яка забезпечується та реалізується внаслідок системного підходу до удосконалення конструктивних особливостей робочих органів і ефективного моделювання та побудови їх компоновальних схем, що

утворюють модуль транспортної очисної системи (ТОС) [3, с. 251; 4, с. 23].

Основою для подальшого розвитку загальної концепції раціональних обрисів сучасних самохідних коренезбиральних машин є розробка методів математичного моделювання основних технологічних процесів функціонування робочих органів машин: викопування коренеплодів, очищення їх від домішок і завантаження чистих коренеплодів у бункер [5, с. 79-82; 6, с. 211].

Домішки, які є ґрунтового та рослинного походження, у викопаному воросі коренеплодів знаходяться відносно коренеплодів у вільному та «зв'язаному» станах: вільні ґрунтові домішки від 15% до 20%; вільні рослинні домішки від 4,5% до 6,5%; «зв'язані» ґрунтові домішки від 2,5% до 3,5%); зв'язані рослинні домішки від 5% до 7%) [7, с. 112, 113; 8, с. 58, 59].

Для очищення коренеплодів від домішок застосовують різні види взаємодії робочих поверхонь очисників з конкретизованими компонентами домішок, які мають різні фізико-механічні властивості та характеристики [9, с. 34].

Для інтенсифікації процесу відокремлення домішок від коренеплодів, або підвищення показників якості роботи коренезбиральних машин розроблено удосконалену ТОС вороху коренеплодів (рис. 1). Опис конструкції та принцип роботи ТОС наведено у праці [10, с. 52, 53].

Формулювання мети статті та задач. Мета дослідження: розробка математичних емпіричних моделей, які функціонально описують зміну основних показників якості відокремлення домішок від коренеплодів залежно від параметрів ТОС і умов роботи коренезбиральної машини.

Завдання дослідження: провести експериментальні польові

дослідження удосконаленої конструкції ТОС у складі коренезбиральної машини; розробити рівняння регресії основних показників якості роботи та обґрунтувати основні конструктивно-кінематичні параметри робочих органів ТОС.

Виклад основного матеріалу. Конструктивну схему експериментальної польової установки, або удосконаленої чотирирядної машини для збирання коренеплодів наведено на рис. 1а, а загальний вигляд ТОС – на рис. 1б. Для визначення функціональної залежності, яка характеризує зміну основних показників якості роботи ТОС залежно від зміни її конструктивно-кінематичних параметрів і умов роботи коренезбиральної машини реалізували планований чотирифакторний експеримент на трьох рівнях варіювання факторами: швидкість руху коренезбиральної машини $V_M = 5-6-7$ км/год; частота обертання шнека $n_{ш} = 100-150-200$ об/хв; частота обертання пружних елементів $n_e = 300-500-700$ об/хв; вологість ґрунту $w_p = 18-22-26$ %.

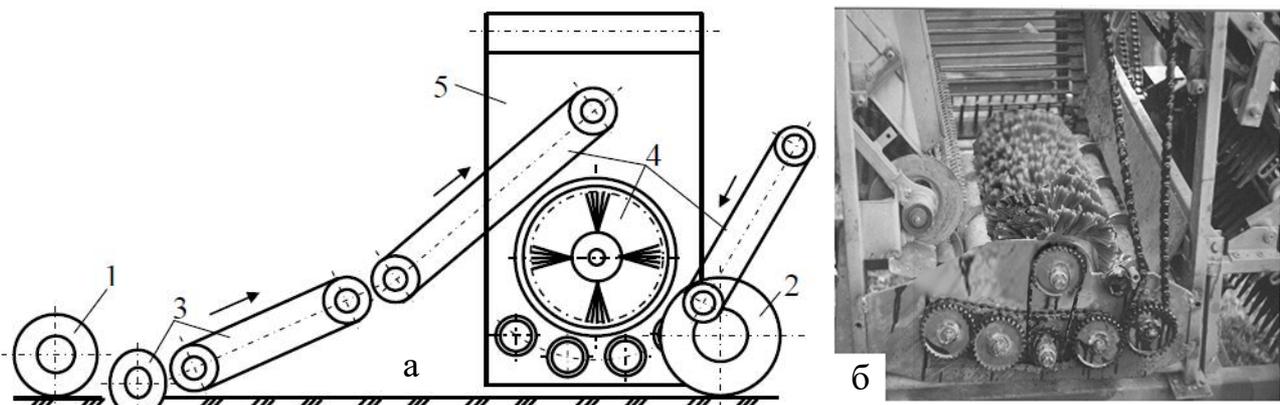


Рис. 1. Конструктивна схема модернізованої коренезбиральної машини (а) та загальний вигляд ТОС (б): 1, 2 – копіювальне та опорне колесо; 2 – дисковий копач з приймальним транспортером; 4 – ТОС; 5 – завантажувальний транспортер

Для реалізації польових експериментів застосували несиметричну план-матрицю Бокса-Бенкіна, при цьому кількість експериментів однієї повторності при збиранні кормових буряків сорту «Київський» (середня

урожайність коренеплодів – 270 ц/га дорівнювала 27. Довжина гону залікової ділянки становила 15 м, ширина міжряддя – 0,45 м. Діаметр і крок шнеків становив 0,35 і 0,2 м, зазор між валами шнеків – 0,045 м, кількість шнеків – 4 шт., діаметр очисного вала – 0,85 м, діаметр пружних елементів і крок гвинтової лінії – 0,04 і 0,1 м, кількість пружних елементів у одному пучку ворса – 6 шт.

Загальні домішки $ЗД$ та пошкодження коренеплодів у відсотках (%) визначали відносно маси коренеплодів одного досліду за формулою $ЗД = (M_{з.д} / M_K) 100\%$, $ПК = (M_{п.к} / M_K) 100\%$, де $M_{з.д}$ – маса загальних домішок, кг; M_K – маса зібраних коренеплодів, кг; $M_{п.к}$ – маса пошкоджених коренеплодів, кг.

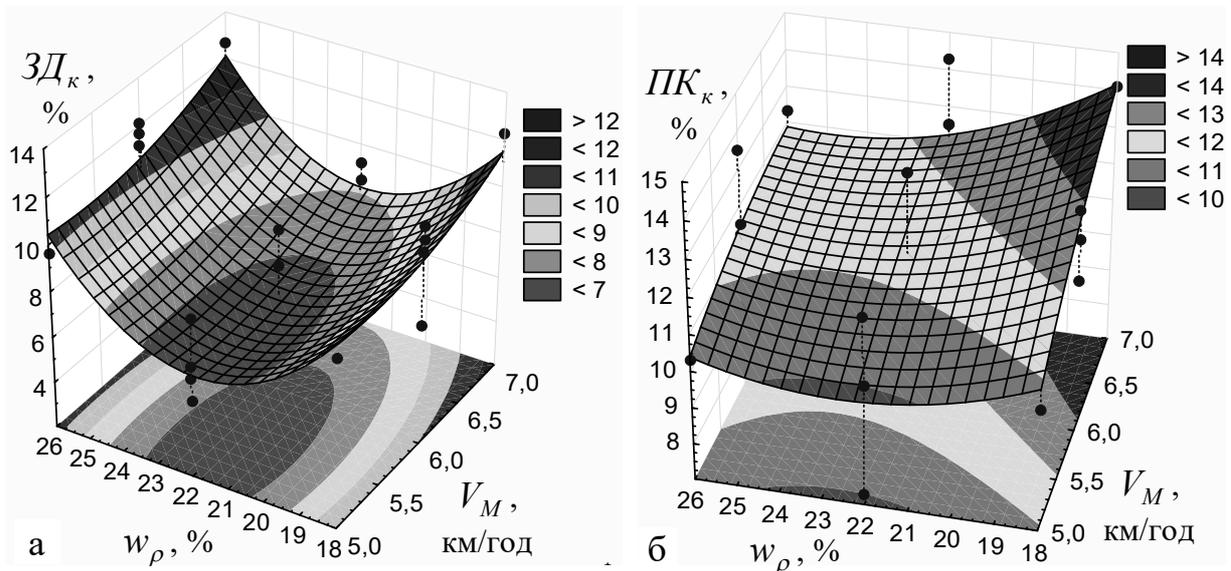
Мінливість функції оцінювали стандартним відхиленням, коефіцієнтом чисельної детермінації D і коефіцієнтом кореляції. Адекватність моделі та значимість коефіцієнтів рівняння регресії встановлювали за F -критерієм Фішера та t -критерієм Ст'юдента. За результатами статистичного аналізу було встановлено, що найбільше значення $D = 0,987$ відповідає математичній моделі у вигляді повного полінома другої степені.

Після перевірки значимості коефіцієнтів рівняння регресії та адекватності моделі, отримали кінцеві емпіричні рівняння регресії, які характеризують функціональну залежність зміни загальних домішок $ЗД_k$ та пошкодження коренеплодів $ПК_k$ від натуральних факторів:

$$\begin{aligned} ЗД_k = & 220,4 - 15,8V_M - 0,32n_{ш} - 0,014n_e - 12,5w_p + 0,01V_M n_{ш} + \\ & + 0,003V_M n_e + 0,57V_M w_p + 0,3 \cdot 10^{-4} n_{ш} n_e + 0,1 \cdot 10^{-3} n_{ш} w_p - \quad ; \quad (1) \\ & - 0,4 \cdot 10^{-3} n_e w_p - 0,06V_M^2 + 0,67 \cdot 10^{-3} n_{ш}^2 - 0,74 \cdot 10^{-5} n_e^2 + 0,21w_p^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 PK_k = & 126,1 - 13,6V_M - 0,14n_{ш} - 0,033n_e - 5,4w_p + 0,01V_Mn_{ш} + \\
 & + 0,5 \cdot 10^{-2}V_Mn_e + 0,38V_Mw_p + 0,45 \cdot 10^{-7}n_{ш}n_e + 0,16 \cdot 10^{-2}n_{ш}w_p - \\
 & - 0,4 \cdot 10^{-4}n_en_p + 0,075V_M^2 + 0,2 \cdot 10^{-3}n_{ш}^2 + 0,35 \cdot 10^{-5}n_e^2 + 0,06w_p^2
 \end{aligned} \quad (2)$$

Згідно з рівняннями регресії (1), (2) побудовано поверхню відгуку зміни маси загальних домішок $ЗД_k$ та пошкодження коренеплодів PK_k як функція: $ЗД_k(PK_k) = f_{ЗД(PK)}(V_M; w_p)$ – від швидкості руху коренезбиральної машини V_M та вологості ґрунту w_p (рис. 2а, б); $ЗД_k(PK_k) = f_{ЗД(PK)}(n_{ш}; n_e)$ – від частоти обертання шнека $n_{ш}$ та частоти



обертання пружних елементів n_e (рис. 3а, б).

Рис. 2. Поверхня відгуку зміни загальних домішок (а) і пошкодження коренеплодів (б) як функція

$$ЗД_k(PK_k) = f_{ЗД(PK)}(V_M; w_p)$$

При обґрунтування параметрів робочих органів ТОС необхідно знаходити компроміс між мінімізацією ступенів загальних домішок і пошкодження коренеплодів шнеками. На основі аналізу графічних залежностей (рис. 2, рис. 3) встановлено, що мінімум функції, або мінімальні значення загальних домішок і пошкодження коренеплодів,

отримано за таких значень вхідних факторів:

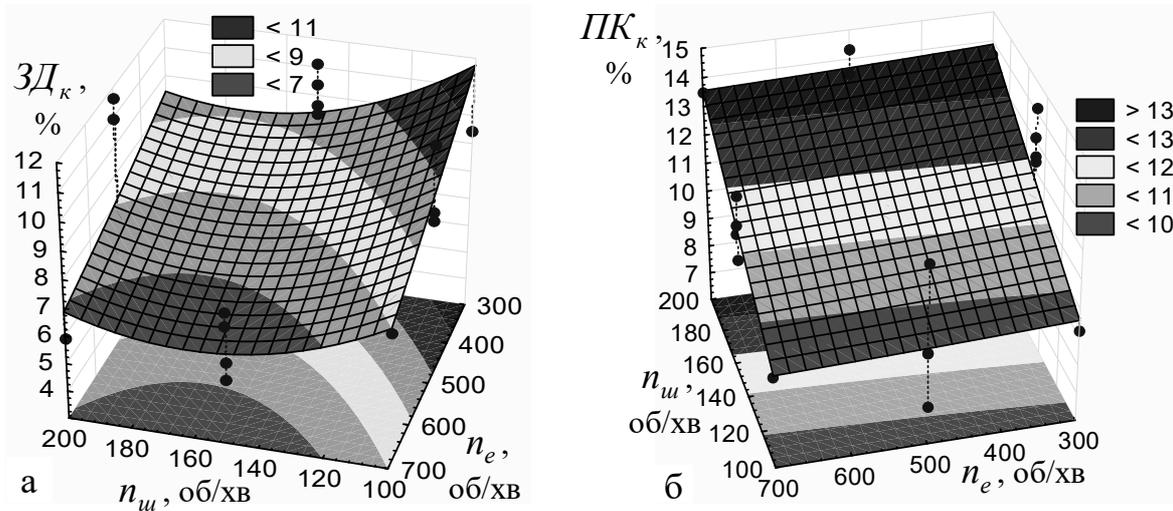


Рис. 3. Поверхня відгуку зміни загальних домішок (а) і пошкодження коренеплодів (б) як функція $ЗД_к(ПК_к) = f_{ЗД(ПК)}(n_{ш}; n_e)$

- функції $ЗД_к = f_{ЗД}(V_M; w_p) \leq 7 \%$ (рис. 2а) і $ПК_к = f_{ПК}(V_M; w_p) \leq 10 \%$ (рис. 2б) – за швидкості руху коренезбиральної машини, відповідно, 5,0...6,5 км/год і 5,0...5,5 км/год та вологості ґрунту 20...22 %;

- функції $ЗД_к = f_{ЗД}(n_{ш}; n_e) \leq 7 \%$ (рис. 3а) і $ПК_к = f_{ЗД}(n_{ш}; n_e) \leq 10 \%$ (рис. 3б) – за частоти обертання шнеків 100...140 об/хв та, відповідно, частоти обертання пружних елементів 300...500 об/хв і 300...700 об/хв.

Висновки. Отримані рівняння регресії у натуральних величинах (1), (2) функціонально описують зміну загальних домішок і пошкодження коренеплодів залежно від зміни основних конструктивно-кінематичних параметрів ТОС у таких межах: швидкості руху коренезбиральної машини від 5 до 7 км/год; частоти обертання шнека від 100 до 200 об/хв; частоти обертання пружних елементів від 300 до 700 об/хв, вологості ґрунту від 18 до 26%.

За результатами аналізу обґрунтовано основні раціональні параметри робочих органів ТОС: частота обертання шнеків від 150

об/хв до 160 об/хв; частота обертання пружних елементів від 500 до 600 об/хв; вологість ґрунту від 20 % до 21 %.

Література:

1. Барановський, В. М. (2005). Конструктивно-технологічні принципи адаптизації транспортно-очисного комбінованого робочого органа коренезбиральних машин. *Сільськогосподарські машини*, 13, 18-24.
2. Рамш, В. Ю., Барановський, В. М., Паньків, М. Р., Герасимчук Г. А. (2011). Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів. *Наукові нотатки*, 31, 298-305.
3. Барановський, В. М. (2005). Конструктивно-технологічні принципи застосування адаптивного викопувального робочого органу коренезбиральних машин. *Науковий вісник НАУ*, 73(1), 249-255.
4. Барановський, В. М. (2013). Транспортно-технологічні системи очисних робочих органів адаптованої коренезбиральної машини. *Сільськогосподарські машини*, 24, 18-29.
5. Погорельый, Л. В., Татьянако, М. В. (2004). *Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз*. К: Феникс.
6. Барановський, В. М., Соломка, В. О., Онищенко, В. Б. (2001). Вибір параметрів при конструюванні гвинтового конвеєра. *Вісник ХДТУСГ*, 8(2), 209-215.
7. Барановський, В. М. (2008). Результати теоретично-експериментальних досліджень секундної подачі вороху коренеплодів. *Механізація сільськогосподарського виробництва*, 1, 111-120.
8. Гурченко, О. П., Барановський, В. М. (1995). Результати випробування модернізованої коренезбиральної машини МКК-6А. *Механізація та електрифікація сільського господарства*, 81, 57-60.
9. Барановський, В. М., Паньків, М. Р., Дубчак, Н. А. (2007). Очисна система вороху коренеплодів. *Механізація сільськогосподарського*

виробництва, 1(59), 33-36.

10. Pankiv, M. R. (2019). Mathematical model of the process of interaction of cleaning elements with the biggest soil on roots. *Innovative solutions in modern science*, 9, 36(2019), 50–60.

References:

1. Baranovsky, V. M. (2005). Konstruktyvno-tekhnologichni pryntsyipy adaptyzatsii transportno-ochysnoho kombinovanoho robochoho orhana korenezbyralnykh mashyn. *Silskohospodarski mashyny* [Structural and technological principles of adaptation of the transport-cleaning combined working body of the root machines]. *Silskohospodarski mashyny [Agricultural machinery]*, no 13, 18-24. [in Ukrainian].

2. Ramsh, V. Yu., Baranovsky, V. M., Pankiv, M. R, Gerasymchuk, G. A (2011). Analiz tendentsii rozvytku robochykh orhaniv dlia separatsii vorokhu koreneplodiv [Analysis of tendencies of development of working bodies for separation of heap of roots]. *Naukovi notatky [Scientific notes]*, no 31, 298-305. [in Ukrainian].

3. Baranovsky, V. M. (2005). Konstruktyvno-tekhnologichni pryntsyipy zastosuvannia adaptivnoho vykopuvalnoho robochoho orhanu korenezbyralnykh mashyn [Structural and technological principles of application of the adaptive digging working body of the root machines]. *Naukovyi visnyk NAU [Scientific Bulletin of NAU]*, no 73(1), 249-255. [in Ukrainian].

4. Baranovsky, V. M. (2013). Transportno-tekhnologichni systemy ochysnykh robochykh orhaniv adaptovanoi korenezbyralnoi mashyny [Transport-technological systems of cleaning working bodies of the adapted root harvesting machine]. *Silskohospodarski mashyny [Agricultural machinery]*, no 24, 18-29. [in Ukrainian].

5. Pogorely, L.V., Tatyanko M.V. (2004). *Sveklouborochnye mashyny: istoriya, konstrukcija, teorija, prognoz [Beet harvesting machines: history,*

design, theory, forecast]. K: Fenik [K: Phoenix]. [in Russian].

6. Baranovsky, V. M., Solomka, V. O., Onyshchenko, V. B. (2001). Vybir parametriv pry konstruiuvanni hvyntovoho konveiera [Choice of parameters when designing a screw conveyor]. *Visnyk KhDTUSH [CDTUSG Herald]*, no 8(2), 209-215. [in Ukrainian].

7. Baranovsky, V. M. (2008). Rezultaty teoretychno-eksperymentalnykh doslidzhen sekundnoi podachi vorokhu koreneplodiv [The results of theoretical and experimental studies of the second feeding of a heap of roots]. *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Mechanization of agricultural production]*, no 1, 111-120. [in Ukrainian].

8. Gurchenko, O. P, Baranovsky, V. M. (1995). Rezultaty vyprobuvannia modernizovanoi korenezbyralnoi mashyny MKK-6A [Test results of the modernized MKK-6A root-harvesting machine]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva [Mechanization and electrification of agriculture]*, no 81, 57-60. [in Ukrainian].

9. Baranovsky, V. M., Pankiv, M. R., Dubchak, N. A. (2007). Ochysna systema vorokhu koreneplodiv [Purification system of heap of root crops]. *Mekhanizatsiia silskohospodarskoho vyrobnytstva [Mechanization of agricultural production]*, no 1(59), 33-36. [in Ukrainian].

10. Pankiv, M. R. (2019). Mathematical model of the process of interaction of cleaning elements with the biggest soil on roots. *Innovative solutions in modern science*, no 9(36)(2019), 50-60. [in Ukrainian].

Citation: M. Pankiv, M. Pidhurskyi (2020). EXPERIMENTAL STUDIES OF QUALITY INDICATORS OF THE TRANSPORT CLEANING SYSTEM. New York. TK Meganom LLC. Innovative Solutions in Modern Science. 6(42). doi: 10.26886/2414-634X.6(42)2020.10

Copyright: M. Pankiv, M. Pidhurskyi ©. 2020. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.