УДК 631.361

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА ВОРОХУ КОРЕНЕПЛОДІВ

Рамш В.Ю.
(Бережанський агротехнічний інститут)
Барановський В.М.
Паньків М.Р.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя)

Одержано розрахункову математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок секундної подачі викопаного вороху з необхідною продуктивністю жолоба робочих русел і визначено нижню межу частоти обертання шнека. Наведено результати експериментальних досліджень.

Постановка проблеми. Головним напрямом удосконалення робочих органів очисників вороху збиральних машин є інтенсифікація процесу сепарації домішок шляхом максимального відокремленням від коренеплодів ґрунтових і рослинних домішок шляхом застосування комбінованих очисників [1].

Окрім сепаруючої здатності, очисники вороху цукрових буряків також характеризуються експлуатаційно-технологічними критеріями, серед яких пріоритетними є їх технологічна пропускна здатність, яка регламентує необхідну розрахункову продуктивність робочих органів очисників і, в кінцевому випадку, продуктивність коренезбиральних машин [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз результатів відомих праць [3, 4] показав, що одержані результати дослідження продуктивності очисників не враховують розмірні параметри коренеплодів, умови роботи коренезбиральних машин, або відносяться до дослідження еліпсних шнекових робочих органів [5]. Запропонована конструкція очисника [6] має власні відмінні властивості, що і зумовило проведення даних досліджень.

Мета роботи. Метою даних досліджень є обгрунтування параметрів робочих органів комбінованих очисників вороху коренеплодів.

Результати дослідження. Інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів забезпечується за рахунок жолоба активних робочих русел, утвореного парами 1, 2 (рис. 1) поздовжніх шнеків круглого перерізу та контактної взаємодіє очисних елементів 3 з коренеплодами, в результаті чого відбувається інтенсивне очищення налиплого грунту з тіла коренеплодів.

Продуктивність комбінованого очисника вороху коренеплодів визначимо з умови розрахунку продуктивності одного гвинтового конвеєра Q_k [7]

$$Q_k = 0{,}25\,\pi\varphi_k V_c \gamma_G \left(D^2 - d^2\right), \qquad (1)$$

де φ_k – коефіцієнт заповнення простору шнека; γ_G – об'ємна маса вантажу, кг/м^3; D – діаметр шнека, м; d – діаметр труби шнека, м;

Середню швидкість V_c осьового переміщення вантажу шнеками доцільно

визначати через поправочний коефіцієнт k_V, який враховує зниження V_c відносно теоретичної швидкості осьового переміщення рифів шнека. Враховуючи припущення, що $\gamma_G \cong \rho_1$, продуктивність очисника Q_o буде:

$$Q_o = 0{,}25\pi\varphi_k V_p k_V \rho_1 k\left(D^2 - d^2\right), \tag{2}$$

де V_p – швидкість осьового переміщення рифів шнека, м/с; k – кількість русел жолоба, шт.; ρ_1 – об'ємна маса коренеплодів, кг/м^3.

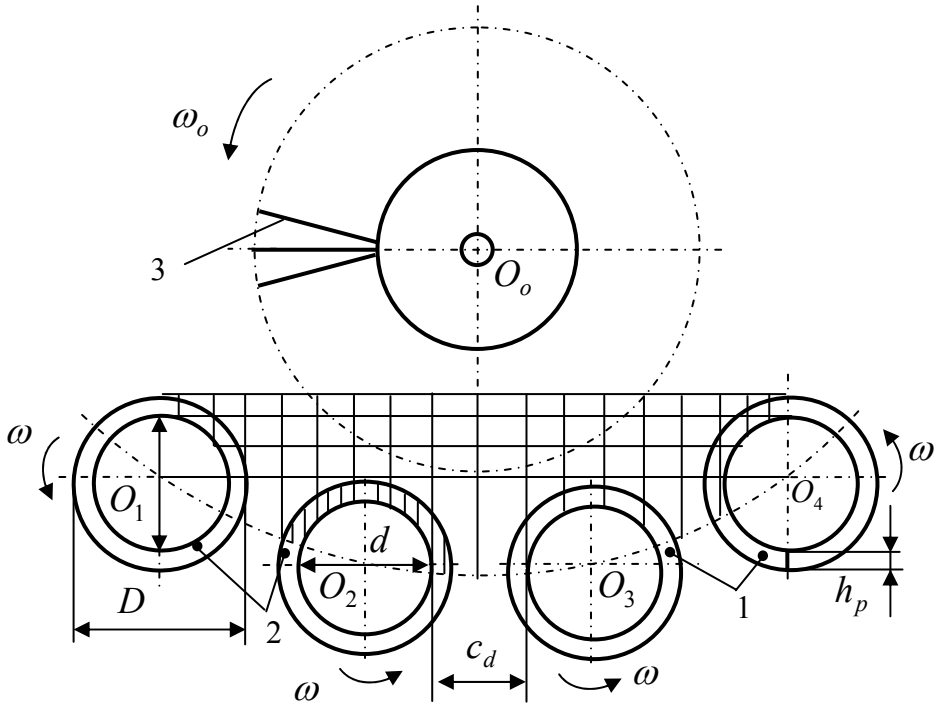

Рис 1. Конструктивна схема комбінованого очисника

Підставивши значення $V_p = T\omega/2\pi$, при цьому $\omega = d\varphi/dt$, у залежність (2) та враховуючи умову, що $Q_o \geq W_c$, де W_c – секундна подача вороху до очисника (кг/с) одержано:

$$\frac{dQ_o}{dt} - \frac{dW_c}{dt} = 0{,}125\varphi_k T k_V \rho_1 k\left(D^2 - d^2\right)\left(\frac{d\varphi}{dt}\right) -$$

$$- n_k \lambda_\rho \lambda \rho_2 \left(\frac{dS_k}{dt}\right)\left\{\begin{array}{l}\dfrac{1}{12}\pi D_k^2 N\left(\dfrac{\rho_1 k_k\left(h + D_k\right)}{\lambda_\rho \lambda \rho_2} - 1\right) + \left[a + 2\left(l\sin\alpha + htg\beta\right)\right]\times \\ \times\left[h\left(1 - \dfrac{htg\beta}{\left[a + 2\left(l\sin\alpha + htg\beta\right)\right]}\right) + 0{,}1\left[\left(U_g + 1\right)\lambda_p + \dfrac{0{,}08U_g}{\lambda}\right]\right]\end{array}\right\} \geq 0, \tag{3}$$

де T – крок шнека, м; ω – кутова швидкість шнека (рад/с); φ – кут повороту шнека, рад.; λ – коефіцієнт сепарації домішок на шляху до очисника; n_k – кількість рядків коренеплодів, що викопуються; k_k, λ_ρ, λ_p – коефіцієнт втрат коренеплодів, сепарації грунту та вільних рослинних домішок; D_k – діаметр коренеплоду, м; N – усереднена кількість коренеплодів на 1 п.м; h –

глибина ходу копача, м; S_k – шлях копача за 1 с, м; β – кут нахилу бокової площини лемеша до вертикальної площини, град.; U_g – урожайність гички, кг/м^2,

або в спрощеному вигляді для практичного використання:

$$0{,}125\varphi_k T k_V \rho_1 k\left(D^2 - d^2\right)\left(\frac{d\varphi}{dt}\right) - W_c \geq 0. \qquad (4)$$

Одержана залежність (3) є розрахунковою моделлю, яка характеризує взаємозв'язок W_c з необхідною продуктивністю жолоба робочих русел залежно від конструктивних параметрів копача, розмірних характеристик коренеплодів, умов роботи машини та параметрів очисника.

Тоді мінімальна межа кутової швидкості шнека $d\varphi_{min}/dt$, яка забезпечує необхідну продуктивність жолоба робочих русел очисника визначається:

$$\frac{d\varphi_{min}}{dt} \geq \frac{4W_c}{\pi D \varphi_k k_V k \rho_1 tg\left(45^0 - 0{,}5\alpha_k\right)\left(D^2 - d^2\right)}, \qquad (5)$$

де $T = \pi D tg\beta_c$, $\beta_c = 45^0 - 0{,}5\alpha_k$.

Для практичного використання, доцільно кутову швидкість ω виразити через частоту обертання шнека n.

Враховуючи, що $\omega = \pi n/30$, мінімальна межа частоти обертання шнека n_{min} (об/хв), яка забезпечує необхідну Q_o очисника визначається за залежністю:

$$n_{min} \geq \frac{120W_c}{\pi^2 D \varphi_k k_V k \rho_1 tg\left(45^0 - 0{,}5\alpha_k\right)\left(D^2 - d^2\right)}. \qquad (6)$$

Підставивши значення V_p у (2) та враховуючи умову $Q_o \geq W_c$ одержано залежність для визначення продуктивності жолоба робочих русел очисника:

$$Q_o = 0{,}125\pi^2 D\varphi_k \frac{n}{30} k_V k\rho_1 tg\left(45^0 - 0{,}5\alpha_k\right)\left(D^2 - d^2\right) \geq W_c. \qquad (7)$$

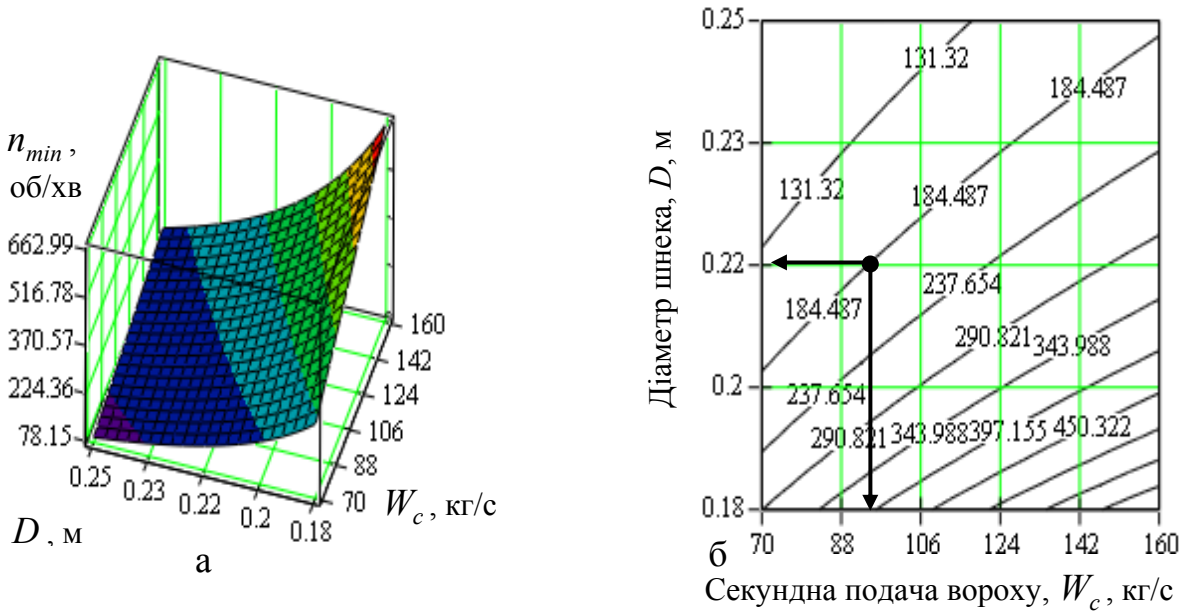

Рис. 2. Залежність частоти обертання шнека очисника $n_{min} = f(D, W_c)$:
а – поверхня ; б – двомірний переріз поверхні

Згідно з (6) побудовано поверхню та її двомірний переріз зміни мінімальної частоти обертання шнека очисника як функціонала $n_{min} = f(D,W_c)$ (рис. 2) при α_k = 35,2 град., коефіцієнта заповнення простору жолоба робочих русел очисника $\varphi_k = 1$, k_V = 0,7, $k = 2$, V_k = 1,6 м/с. Основні значення n_{min} знаходяться в межах $n_{min} = 130…450$ об/хв для зміни W_c = 70…160 кг/с, а задана необхідна пропускна здатність очисника, наприклад, W_c = 95 кг/с забезпечується при значені n_{min} = 185 об/хв для D = 0,22 м (рис. 2б).

Для визначення необхідної продуктивності комбінованого очисника згідно з (7) побудовано її поверхню за умови $Q_o \geq$ 30 кг/с від діаметра шнека D та частоти обертання шнека n (рис. 3) при k_V = 0,7, α_k = 35,2 град., $k = 2$.

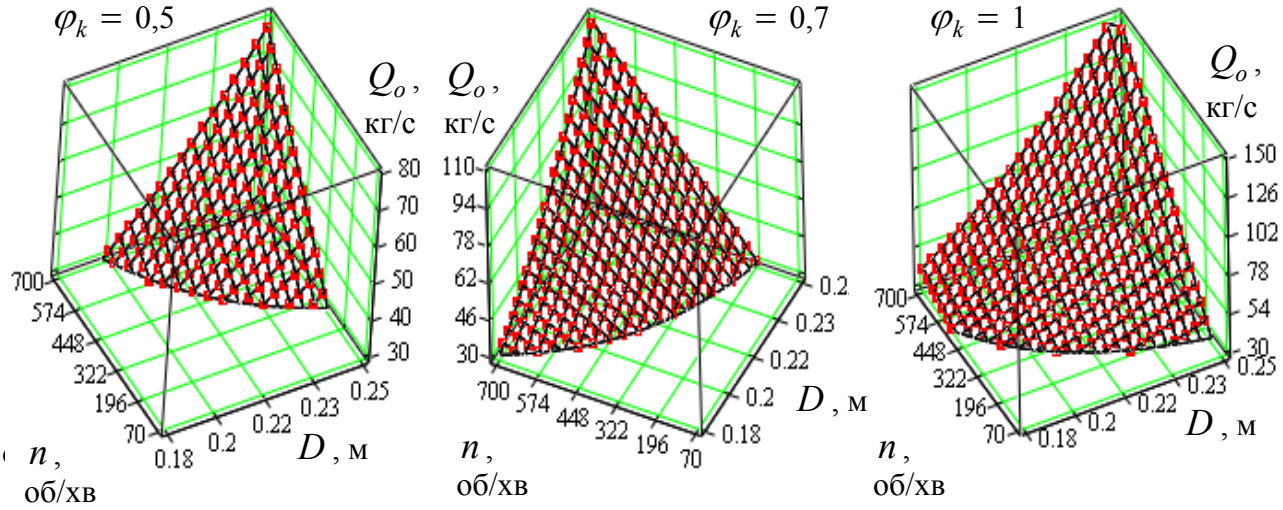

Рис. 3. Поверхня $Q_o = f(D,n) \geq 30$ кг/с

Аналіз поверхонь показує, що Q_o змінюється в межах 30…150 (кг/с) залежно від коефіцієнта заповнення просторо жолоба робочого русла очисника φ_k та забезпечує мінімальну W_c = 50 кг/с при наступних параметрах шнека: для φ_k = 0,5 при $D \geq$ 0,22 м і $n \geq 440$ об/хв; для φ_k = 0,7 при $D \geq$ 0,21 м і $n \geq 320$ об/хв; для φ_k = 1,0 при $D \geq$ 0,19 м і $n \geq 210$ об/хв.

Для підтвердження теоретичних положень, які описують зміну Q_o провели експериментальні дослідження на основі реалізації експерименту типу ПФЕ 2^3.

Межі зміни n встановлювали на рівні 400 та 600 об/хв згідно з дослідженнями нижньої n_{min} та верхньої n_{max} межі частоти обертання шнека.

Апроксимуючу функцію зміни Q_o^e знаходили у вигляді лінійної залежності $Q_o^e = f(V_k,n,D)$. Після перевірки статистичної значущості коефіцієнтів і адекватності моделі одержано рівняння регресії Q_o^e у натуральних величинах:

$$Q_o^e = -144 + 65V_k + 317{,}7D + 0{,}08n. \quad (8)$$

Встановлено, що зміна Q_o^e має прямолінійний характер – зі збільшенням

факторів V_k, D і n значення продуктивності збільшується в середньому від 40 до 75 (кг/с). Розбіжність значень, отриманих теоретично та експериментально знаходиться від 8,0 до 25,0 %, а деяких випадках до 40 % (рис. 4).

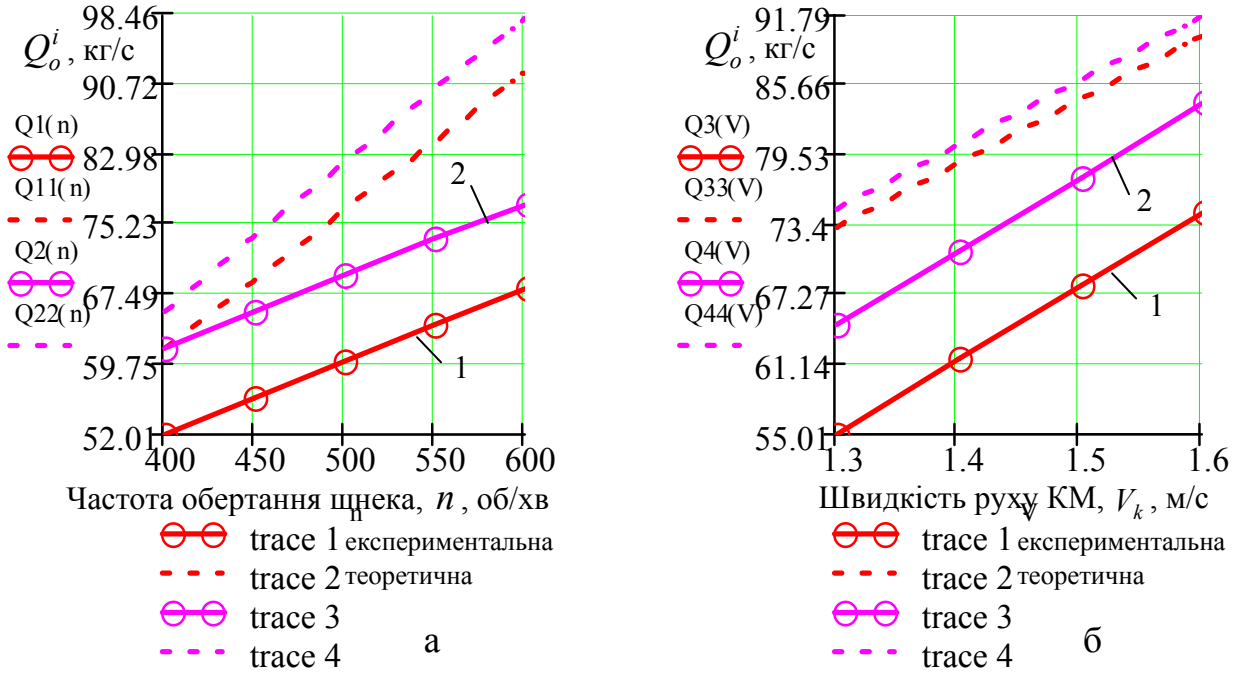

Рис. 4. Залежність продуктивності комбінованого очисника:
а – від частоти обертання шнека, n, об/хв при V_k = 1,6 м/с;
б – від швидкості руху КМ, V_k, м/с при n = 600 об/хв;
1, 2 – відповідно, при D = 0,21; 0,24 (м)

На основі цього можна констатувати, що перша складова різниці теоретичної моделі (3), або залежність (7) в загальному не адекватно описує реальний процес зміни продуктивності і потребує більш повних досліджень на основі введення інтегральних коефіцієнтів заповнення φ_k простору робочого жолоба та коефіцієнта кількості робочих русел k.

У першому випадку це дозволить збалансовувати зміну φ_k за непостійної (змінної в часі) секундної подачі W_c вороху до очисника за рахунок дестабілізованого технологічного процесу викопування коренеплодів, наприклад непостійних V_k і глибини руху копача, вологості грунту, урожайності ділянки поля тощо).

У другому випадку інтегрований коефіцієнт k дозволить більш точно встановити його пріоритетне значення та різницю впливу загального балансу тих відмінностей, які розрізняють процес транспортування шнековими механізмами дрібних сипких матеріалів і доволі крупних коренеплодів.

Висновки. Залежність (7), яка описує зміну продуктивності очисника Q_i та характеризує взаємозв'язок W_c і пропускної здатності очисника, або Q_o від параметрів процесу потребує більш повних досліджень на основі введення інтегральних коефіцієнтів заповнення φ_k простору робочого жолоба та коефіцієнта кількості робочих русел k.

Список літератури

1. Погорелый Л.В. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / Л.В. Погорелый, М.В. Татьянко. – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. Булгаков В.М. Теория свеклоуборочных машин : Монография. / В.М. Булгаков, М.И. Черновол, Н.А. Свирень. – Кировоград : «КОД», 2009. – 256 с.
3. Булгаков В.М. Розрахунок основних параметрів технологічного процесу збирання буряків / В.М. Булгаков, М.К. Лінник, О.П. Гурченко // Механізація сільськогосподарського виробництва. – К. : НАУ, 1999. – Т. VI. – С. 220-225.
4. Барановский В.М. Розрахунок секундної подачі вороху коренеплодів сферичним диском / В.М. Барановський // Вісник ТДТУ. – Тернопіль, 2007. – Т. 12, № 3. – С. 27-35.
5. Пилипець М.І., Паньків М.Р., Барановський В.М. Аналіз розрахункової продуктивності гвинтово-еліпсного очисника вороху коренеплодів / М.І. Пилипець, М.Р. Паньків, В.М. Барановський // Науковий вісник НАУ. К.: НАУ, 2004. – Вип. 73, част. 2. – С. 102-114.
6. Рамш В.Ю. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю Рамш, В.М. Барановський, М.Р. Паньків, Г.А. Герасимчук // Наукові нотатки. – Вип. 31. – Луцьк : ЛНТУ, 2011. – С. 298–305.
7. Механізми з гвинтовими пристроями / Б.М. Гевко, М.Г Данильченко., Р.М. Рогатинський [та ін.]. – Львів: Світ, 1992. – 380 с.

Аннотация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ КОМБИНИРОВАНОГО ОЧИСТИТЕЛЯ ВОРОХА КОРНЕПЛОДОВ

Рамш В.Ю., Барановский В.Н., Панькив М.Р.

Получено расчетную математическую модель, которая характеризует взаимосвязь секундной подачи выкопанного вороха с необходимой производительностью жолоба рабочих русел и определено нижний предел частоты вращения шнека. Наведено результаты экспериментальных исследований.

Abstract

RESEARCH OF THE PRODUCTIVITY OF THE COMBINED PURIFIER TO LOTS OF ROOT CROPS

V. Ramsh, V. Baranovsky, M. Pankiv

A calculation mathematical model that characterizes intercommunication of technological serve dug up to the lots of root crops to the screws of the combined purifier is got, in particular changes of carrying capacity of purifier with the necessary productivity of chamfer of working river-beds depending. The bottom limit of frequency of rotation of screws of chamfer of working river-beds of purifier is certain.