

вісник Одеського державного економічного університету. – Одеса, 2009. – №5 (83). – С. 25–35.

17. *Розміщення продуктивних сил і регіональна економіка* : підручник / С.І. Дорогунцов, Т.А. Заяць ; За заг. ред. С.І. Дорогунцова. – К.: КНЕУ, 2005. – 988 с.

18. BP Statistical Review of World Energy – London, June 2010. – 50 p.

*Рассмотрено современное состояние мирового топливно-энергетического комплекса. Проанализированы ресурсы наиболее распространенных минеральных топлив в мире и в Украине.*

***Топливо, уголь, нефть, природный газ, газовые гидраты, торф, горючие сланцы, урановые руды.***

*The modern state of world fuel and energy complex is considered. Analysis resources of the most widespread mineral fuels in world and in Ukraine.*

***Fuel, coal, oil, natural gas, gas hydrates, peat, pyroshales, uranium ores.***

УДК 631.361

## **ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЖОЛОБА ОЧИСНИКА КОРЕНЕПЛОДІВ**

***В.Ю. Рамш, здобувач\****

***Бережанський агротехнічний інститут НУБіП України***

***В.М. Барановський, кандидат технічних наук***

***М.І. Підгурський, доктор технічних наук***

***М.Р. Паньків, кандидат технічних наук***

***Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя***

*Проведено дослідження технологічного процесу функціонування комбінованої очисної системи на основі аналізу коефіцієнта технологічної працездатності. Визначено раціональні межі основних конструктивних параметрів комбінованої очисної системи.*

***Комбінована очисна система, коренеплоди, шнек, коефіцієнт технологічної працездатності, діаметр шнека.***

\*Науковий керівник – кандидат технічних наук В.М. Барановський

© В.Ю. Рамш, В.М. Барановський, М.І. Підгурський, М.Р. Паньків, 2012

**Постановка проблеми.** Відокремлення вільного і налиплого на поверхні тіл коренеплодів ґрунту та рослинних домішок є пріоритетною задачею в загальному контексті дотримання агротехнічних вимог до процесу сепарації домішок, тобто до якості цукрової сировини та кінцевого виходу із неї цукру.

Окрім сепаруючої здатності, очисники вороху цукрових буряків також характеризуються експлуатаційно-технологічними критеріями, серед яких технологічна пропускна здатність, або “секундна подача” вороху [1] регламентує продуктивність очисників, або спроможність обробляти компоненти вороху без їх “звантаження” на робочих поверхнях при мінімізації пошкоджень і втрат коренеплодів.

Для обґрунтування раціональних конструктивних параметрів комбінованого очисника вороху [2], які одночасно задовольняють показники якості роботи та технологічні показники машини, першочерговою задачею є теоретичне обґрунтування пропускної здатності очисника на основі порівняльного аналізу секундної подачі викопаного вороху до його робочих органів.

**Аналіз останніх досліджень.** Оpubліковані результати теоретичних досліджень гвинтових механізмів очисних систем відносяться, як правило, до побудови математичних моделей процесу роботи шнекових конвеєрів, осі обертання яких розміщені в одній площині. Запропонована конструкція очисника [2, 3] має власні властивості, що і зумовило проведення даних досліджень.

**Мета досліджень** – подальший розвиток методології та методів обґрунтування параметрів очисників вороху коренеплодів.

**Результати дослідження.** В основу критерію обґрунтування технологічного процесу роботи комбінованого очисника вороху коренеплодів покладено умову, що пропускна здатність робочих органів очисника за проміжок часу  $\Delta t = 1$  с має бути рівною або більшою за загальну секундну подачу вороху, який надходить до них із попередніх транспортних систем коренезбиральної машини.

Інтенсифікація процесу відокремлення домішок від коренеплодів забезпечується за рахунок утворення жолоба активних русел транспортування вороху вздовж шнеків очисника.

З метою формалізації процесу сепарації вороху та для подальшого обґрунтування параметрів очисника розглянемо його розрахункову схему жолоба робочих русел (рис. 1). Жолоб активних русел очисника утворений двома парами 1 і 2 поздовжніх шнеків, осі  $O_1, O_2, O_3$  і  $O_4$  центрів обертання яких розміщені на лінії дуги  $O_1CO_4$ , яка утворена радіусом  $R_o$ . Шнеки, які встановлені з зазором  $c_d$  між своїми валами, обертаються з кутовою швидкістю  $\omega$ , причому кожна пара шнеків і шнеки однієї пари мають одностороннє обертання відносно один до одного.

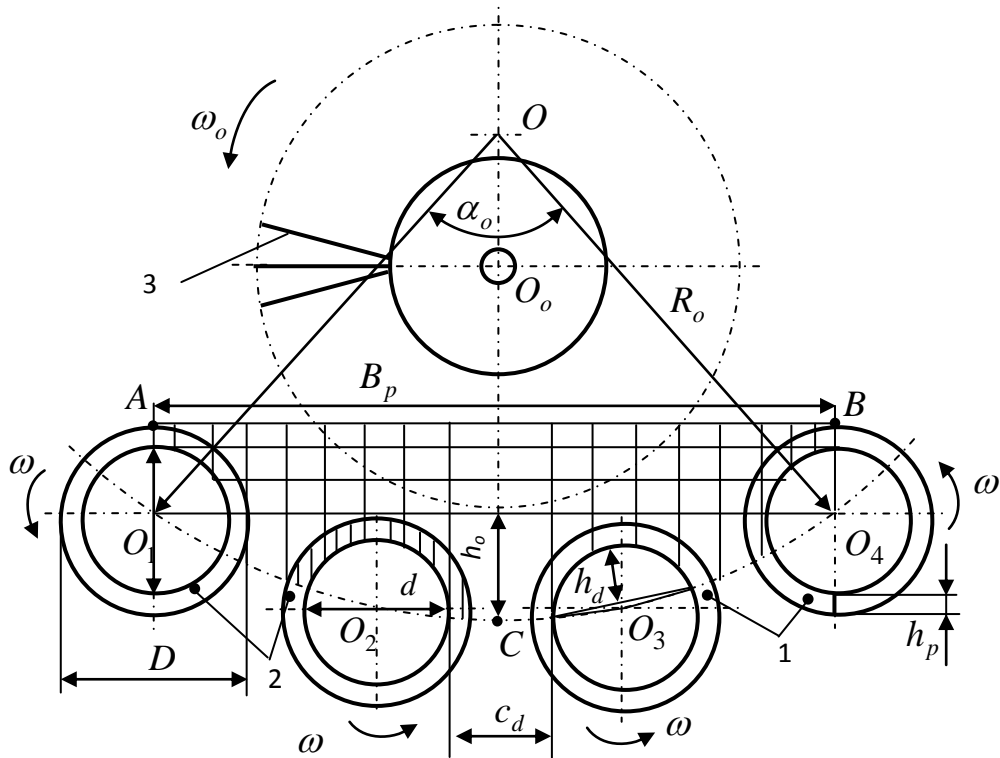


Рис. 1. Схема до розрахунку параметрів жолоба очисника:  
1, 2 – пари повздовжніх шнеків; 3 – очисні елементи.

Секундна подача вороху в кількості  $W_c$  надходить на повздовжні пари 1, 2 шнеків очисника, заповнюючи простір жолоба робочих русел де основна частина сипкого ґрунту, дрібних рослинних домішок сепарується через зазор  $c_d$  між валами шнеків, а коренеплоди очищуються очисними пружними елементами 3 від налиплого на їх поверхні ґрунту і переміщуються шнеками із середньою швидкістю  $V_n$  до наступних систем машини.

Обґрунтування параметрів шнеків та утвореного ними жолоба проведемо на основі аналізу руху технологічної маси по поверхнях шнеків. Взаємозв'язок між конструктивними параметрами шнеків і розмірними характеристиками жолоба встановимо на основі аналітичного аналізу необхідної пропускної здатності очисника або продуктивності шнеків.

У загальному випадку транспортування вантажів для визначення продуктивності робочих органів  $Q_M$  (кг/с) використовують залежність [5]

$$Q_M = \gamma_G F V_c, \quad (1)$$

де  $\gamma_G$  – об'ємна маса вантажу, кг/м<sup>3</sup>;  $F$  – площа поперечного перерізу потоку (вантаж), м<sup>2</sup>;  $V_c$  – середня швидкість переміщення потоку, м/с.

У нашому випадку, для гвинтових конвеєрів  $F$  визначають через площу прохідного перерізу жолоба  $F_n$  очисника та загального коефіцієнта заповнення простору жолоба  $\varphi_k$  [5], а швидкість переміщення потоку  $V_c$  буде адекватна поздовжній швидкості переміщення коренеплодів  $V_n$  робочими руслами, при цьому [6]

$$V_n = \frac{W_c}{B_p q} = \frac{W_c}{kq(D + c_d)}, \quad (2)$$

де  $B_p$  – ширина жолоба, м;  $q$  – маса вороху, розміщеного в один шар на площі  $1 \text{ м}^2$ ,  $\text{кг/м}^2$ ;  $k$  – кількість робочих русел очисника;  $D$  – діаметр шнека, м;  $c_d$  – зазор між валами шнеків, м.

Частина домішок вороху коренеплодів інтенсивно сепарується через зазори  $c_d$  між валами шнеків, значення якої врахуємо через поправочний коефіцієнт сепарації домішок  $\lambda_o$ . Тоді згідно з (1), (2) і припущення, що дольова участь домішок у об'ємній масі  $\gamma_G$  незначна, тобто  $\gamma_G \cong \rho_k$ , можна записати:

$$W_o = Q_o \geq \lambda_o \frac{W_c F_n \rho_k \varphi_k}{B_p q}, \quad (3)$$

де  $Q_o$  – продуктивність очисника,  $\text{кг/с}$ ;  $\lambda_o$  – коефіцієнт сепарації домішок очисником;  $\rho_k$  – питома маса коренеплодів,  $\text{кг/м}^3$ .

Площа прохідного перерізу  $F_n$  жолоба  $ABO_4CO_1A$  визначається:

$$F_n = F_{np} + F_c - (F_{c.d_1} + F_{c.d_2} + \dots + F_{c.d_n}) = F_{np} + F_c - \sum_{i=1}^n F_{c.d_i}, \quad (4)$$

де  $F_{np}$ ,  $F_c$ , – площа прямокутника  $ABO_4O_1$  і сегмента  $O_1O_4CO_1$ ,  $\text{м}^2$ ;

$\sum_{i=1}^n F_{c.d_i}$  – сумарна площа секторів валів  $i$ -их шнеків,  $\text{м}^2$ ;  $F_{c.d_1}$ ,  $F_{c.d_2}$ ,  $\dots$ ,

$F_{c.d_n}$  – площа сектора труби вала  $i$ -го шнека,  $\text{м}^2$ ;  $i = 1, 2 \dots n$  – кількість шнеків, шт.

Площа прямокутника  $ABO_4O_1$  визначається  $F_{np} = 0,5DB_p$ . Згідно з [7]  $F_c$ , та  $B_p$  дорівнюють:

$$F_c = 0,5R_o^2 \left[ \left( \frac{\pi \alpha_o}{180} \right) - \sin \alpha_o \right]; B_p = 2R_o \sin(\alpha_o / 2), \quad (5)$$

де  $R_o$  – радіус дуги  $ACD$ , м;  $\alpha_o$  – центральний кут, який стягує дугу  $ACD$ , град.

Крім того, згідно з [7] виразимо  $\sin(\alpha_o / 2)$  і  $B_p$  як

$$\sin(\alpha_o / 2) = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha_o}{2}}; \quad B_p = 2\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}, \quad (6)$$

де  $h_o$  – висота сегмента  $O_1O_4CO_1$ , м.

Визначивши кут  $\alpha_o = \arccos\left[\frac{(2R_o^2 - B_p^2)}{2R_o^2}\right]$  із (5), (6) отримаємо залежність для визначення  $F_c$  сегмента

$$F_c = 0,5R_o^2 \left\{ \left[ \frac{\pi}{180} \arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2}\right) \right] - \sin\left[ \arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2}\right) \right] \right\}. \quad (7)$$

Площу сектора труби вала кожного  $i$ -го шнека, яка займає відповідну площу в площі  $F_c$  сегмента  $O_1O_4CO_1$ , виразимо через площу поперечного перерізу труби вала шнека  $F_d$  та відповідного коефіцієнта пропорційності  $k_{d_i}$ , фізичну суть якого визначимо, як відношення відповідної площі сектора труби вала  $F_{c.d_i}$  кожного  $i$ -го шнека до площі поперечного перерізу труби вала шнека, тобто  $k_{d_i} = F_{c.d_i} / F_d$ .

Сумарну площу секторів  $\sum_i^n F_{c.d_i}$  валів шнеків визначимо як

$$\sum_{i=1}^n F_{c.d_i} = F_d \sum_{i=1}^n k_{d_i}. \quad (8)$$

Значення коефіцієнта пропорційності  $k_{d_i}$  визначимо згідно з співвідношень рівнянь  $F_{c.d_i}$  і  $F_d$ , а значення сумарного коефіцієнт пропорційності  $\sum_{i=1}^n k_{d_i}$  – з врахуванням конструктивних особливостей комбінованого очисника (рис. 1).

Площа  $F_{c.d} = \pi r^2 \alpha_d / 360$ , де  $r$  – радіус труби вала шнека (м);  $\alpha_d$  – центральний кут (град.) відрізняється від  $F_d = \pi r^2$  [7] значенням складової  $\alpha_d / 360$ , тобто в нашому випадку вираз  $\alpha_d / 360$  і буде адекватним коефіцієнтом пропорційності  $k_{d_i}$ , тобто

$$k_{d_i} = \frac{\pi r^2 \alpha_d / 360}{\pi r^2} = \frac{\alpha_d}{360}; \quad \sum_{i=1}^n k_{d_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{d_i}}{360}; \quad \sum_{i=1}^n F_{c.d_i} = F_d \sum_{i=1}^n k_{d_i} = 0,25\pi d^2 \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_{d_i}}{360}, \quad (9)$$

де  $d$  – діаметр труби вала шнека, м.

Центральний кут  $\alpha_d$  визначимо згідно з [7], при цьому:

$$h_d = r[1 - \cos(\alpha_d / 2)]; \quad \alpha_d / 2 = \arccos((h_d / r) - 1);$$

$$\alpha_d = 2 \arccos\left(\frac{2h_d}{d} - 1\right), \quad (10)$$

де  $h_d$  – висота сегмента сектора, утвореного кутом  $\alpha_d$ , м.

Сумарна площа секторів  $\sum_i^n F_{c.d_i}$  згідно з (9), (10) буде:

$$\sum_{i=1}^n F_{c.d_i} = 0,25\pi d^2 \sum_{i=1}^n \frac{\arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right)}{180}. \quad (11)$$

Тоді, підставивши значення (5), (7), (11) у формулу (4) одержимо рівняння для визначення площі поперечного перерізу  $F_n$  прохідного жолоба  $ABO_4CO_1A$ :

$$F_n = D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left[ 0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right) + R_o^2 Z \right], \quad (12)$$

$$\text{де } Z = \left[ \arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_c^2}{4R_o^2}\right) \right] - \frac{\pi}{180} \sin \left[ \arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_c^2}{4R_o^2}\right) \right].$$

Таким чином, кінцева залежність для визначення пропускної здатності очисника  $W_o$  з врахуванням (3), (12) буде визначатися:

$$W_o \geq \frac{\lambda_o W_c \rho_k \varphi_k \left\{ D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \times \left[ 0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right) + R_o^2 Z \right] \right\}}{2q\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}}. \quad (13)$$

або з врахуванням залежності  $W_c$  згідно з [12]

$$W_o \geq n\lambda_\rho \lambda_{\rho_2} V_k \left( \frac{1}{12} \pi D_k^2 N \left( \frac{\rho_1 k_k (h + D_k)}{\lambda_\rho \lambda_{\rho_2}} - 1 \right) + \left[ \frac{h \left( 1 - \frac{htg\beta}{[a + 2(l \sin \alpha + htg\beta)]} \right) + \left[ (U_s + 1)\lambda_\rho + \frac{0,08U_s}{\lambda} \right]}{+ 0,1} \right] \right) \times$$

$$\times \frac{\lambda_o \rho_k \varphi_k}{2q\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}} \left\{ D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \times \left[ 0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1\right) + R_o^2 Z \right] \right\}. \quad (14)$$

Отримані теоретичні залежності (13), (14) є розрахунковими математичними моделями, які характеризують взаємозв'язок необхідної пропускної здатності  $W_o$  комбінованого очисника та секундної подачі викопаного вороху  $W_c$ , або зміну  $W_o$  залежно від конструктивних параметрів робочих органів вібраційного копача і очисника та агротехнічних характеристик коренеплодів цукрових буряків, умов і швидкості руху коренезбиральної машини. Технологічна працездатність роботи очисника вороху полягає у

забезпеченні обробки вороху, який надходить на очисник без його «звантаження» на шнеках, або забезпечення умови  $W_o \geq W_c$ .

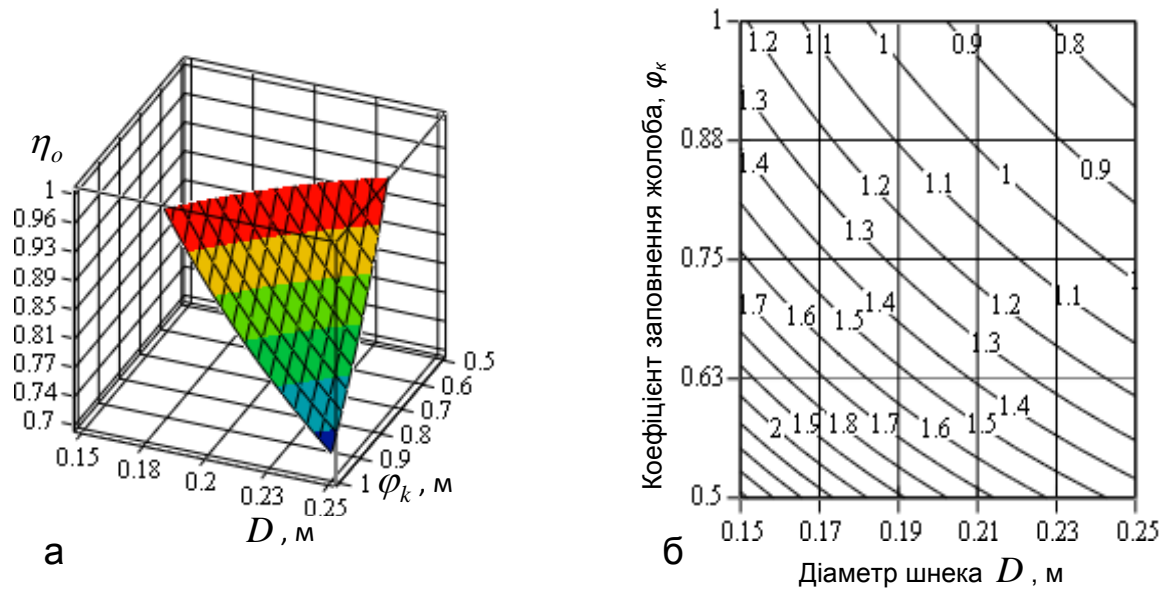


Рис. 2. Залежність коефіцієнта технологічної працездатності очисника  $\eta_o = f(D, \varphi_k)$ : а) поверхня залежності; б) двомірний переріз.

Даний постулат, або технологічну працездатність очисника виразимо через введений коефіцієнт технологічної працездатності очисника  $\eta_o$ , фізичну суть якого запишемо через відношення секундної подачі вороху  $W_c$  до необхідної пропускної здатності комбінованого очисника  $W_o$ , при цьому згідно з умови  $W_o \geq W_c$  коефіцієнт технологічної працездатності очисника  $\eta_o \leq 1$ .

Тоді згідно з (13) і умови  $W_o \geq W_c$  можна записати:

$$\eta_o = \frac{W_c}{W_o} = \frac{2q\sqrt{2h_o R_o - h_o^2}}{\lambda_o \rho_k \varphi_k \left\{ D\sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \left[ 0,5d^2 \sum_{i=1}^n \arccos\left(\frac{2h_{di}}{d} - 1\right) + 0,5R_o^2 Z \right] \right\}} \leq 1. \quad (15)$$

На рис. 2 наведено поверхню та двомірний переріз поверхні залежності коефіцієнта технологічної працездатності очисника  $\eta_o \leq 1$  від зміни діаметра шнека  $D$  та коефіцієнта заповнення жолоба русел  $\varphi_k$  як функції  $\eta_o = f(D, \varphi_k) \leq 1$  при  $\lambda_o = 0,5$ ;  $q = 25 \text{ кг/м}^2$  [1].

Аналіз наведеної поверхні та її двомірного перерізу показує, що умова  $\eta_o \leq 1$  забезпечується для зміни діаметра шнека в межах  $0,18 \leq D \leq 0,25$  (м) і відповідних їм межах зміни коефіцієнта заповнення простору жолоба комбінованого очисника  $0,7 \leq \varphi_k \leq 1,0$ .

**Висновок.** Побудовані теоретичні детерміновані математичні моделі технологічного процесу функціонування комбінованої очисної системи та одержана залежність технологічної працездатності очисника можуть бути використані для подальшого обґрунтування параметрів очисників вороху коренеплодів.

### Список літератури

1. *Погорельй Л.В.* Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз / *Л.В. Погорельй, М.В. Татьяна.* – К.: Феникс, 2004. – 232 с.
2. *Пат. 46920* Україна, МКИ<sup>7</sup> А 01 Д 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів / *Барановський В.М., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Рамш В.Ю.* ; заявник і власник ТНТУ. – № u 200907498; заявл. 17.07.2009.; опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1.
3. *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.
4. *Механізми з гвинтовими пристроями* / [Б.М. Гевко, М.Г. Данильченко, Р.М. Рогатинський та ін.]. – Львів: Світ, 1992. – 380 с.
5. *Булгаков В.М.* Теория свеклоуборочных машин : монография / *В.М. Булгаков, М.И.Черновол, Н.А. Свирень.* – Кировоград : Код, 2009. – 256 с.
6. *Бронштейн И.Н.* Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов / *И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев.* – М. : Наука, 1981. – 706 с.

*Приведено дослідження технологічного процесу функціонування комбінованої очисної системи на основі аналізу коефіцієнта технологічної работоспособності. Установлено раціональні межі основних конструктивних параметрів комбінованої очисної системи.*

***Комбінована очисна система, коренеплоди, коефіцієнт технологічної работоспособності, діаметр шнека.***

*Research of technological process of functioning of combined cleansing system is conducted on basis of analysis of coefficient of technological capacity. The rational limits of basic structural parameters of combined cleansing system are certain.*

***Combined cleansing system, beet roots, and coefficient of technological to capacity, diameter of screw.***