

УДК 631.361

ОБГРУНТУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ КОМБІНОВАНОГО ОЧИСНИКА

Раши В. Ю.

Бережанський агротехнічний інститут

Барановський В.М.

Підгурський М.І.

Паньків М.Р.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Наведено результати аналітичного дослідження процесу роботи очисника вороху коренеплодів на основі аналізу коефіцієнта технологічної працездатності. Визначено раціональні межі основних конструктивно-кінематичних параметрів комбінованого очисника.

Is Resulted results of analytical research of process of work of purifier the lots of root crops on the basis of analysis of coefficient of technological capacity. Certainly rational limits of basic structurally kinematics-parameters of the combined purifier.

Постановка проблеми

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

Обґрунтування раціональних параметрів комбінованого очисника вороху, які одночасно задовольняють показники якості роботи та технологічні показники машини, необхідно проводити на основі порівняльного теоретичного аналізу пропускної здатності очисника та секундної подачі викопаного вороху, який надходить до робочих органів очисника.

Аналіз відомих досліджень

Опубліковані 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 специфічні властивості, що і зумовило проведення даних досліджень.

Мета дослідження

Подальший розвиток методів розрахунку та обґрунтування раціональних параметрів очисників вороху коренеплодів.

Результати дослідження

В основу критерію обґрунтування технологічного процесу роботи очисника вороху коренеплодів покладено умову, що пропускна здатність робочих органів очисника за

проміжок часу $\Delta t = 1$ с має бути більшою або рівною за загальну секундну подачу вороху, який надходить до них із попередніх транспортно-технологічних систем коренезбиральної машини (КМ).

Для подальшого обґрунтування параметрів очисника розглянемо складену розрахункову схему жолоба робочих русел (рис. 1).

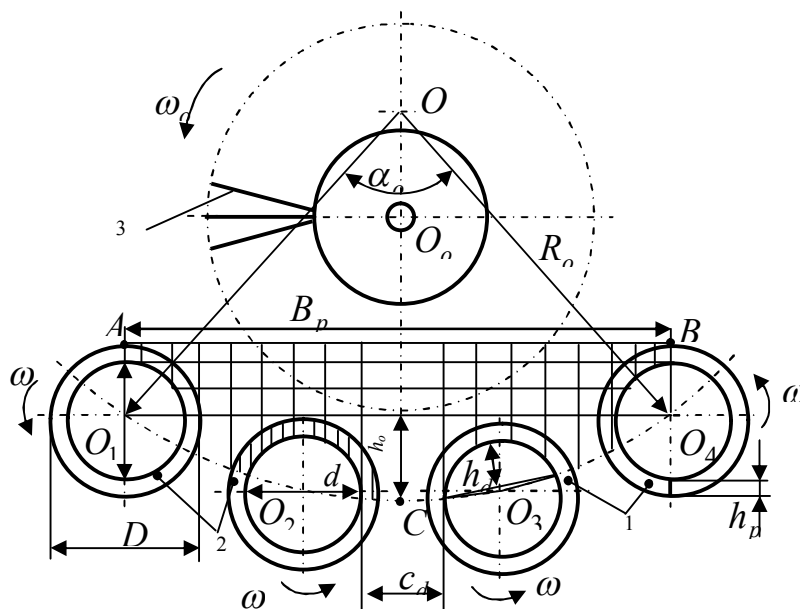


Рис. 1. – Схема до розрахунку параметрів жолоба очисника:

Жолоб очисника утворений двома парами 1 і 2 поздовжніх шнеків, осі обертання яких розміщенні на лінії дуги O_1CO_4 .

Секундна подача вороху в кількості W_c надходить на поздовжні пари 1, 2 шнеків очисника, заповнюючи простір жолоба робочих русел. Технологічна працездатність роботи очисника вороху полягає у забезпеченні обробки вороху, який надходить на очисник без його «звантаження» на шнеках, або забезпечення умови $W_o \geq W_c$, де W_o – пропускна здатність жолоба робочих русел очисника, кг/с.

Тоді прийнявши припущення, що на шляху переміщення вороху до очисника втрати коренеплодів відсутні, можна записати

$$dW_o / dt \geq (dW_{ck} / dt)\lambda, \text{ або } W_o \geq W_{ck}\lambda, \quad (1)$$

де W_{ck} – загальна секундна подача вороху коренеплодів, який викопано копачами КМ, м/с; λ – коефіцієнт сепарації вільних домішок на шляху їх переміщення до жолоба комбінованого очисника.

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

$$\eta_o = W_c / W_o \leq 1. \quad (2)$$

Обґрунтування параметрів шнеків та утвореного ними жолоба проведемо на основі аналізу руху технологічної маси по поверхнях шнеків. Взаємозв'язок між 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]

$$Q_M = \gamma_G F V_c, \quad (3)$$

де γ_G – об'ємна маса вантажу, кг/м³; F – площа поперечного перерізу потоку (вантаж), м²; 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 φ_k [4], а швидкість переміщення потоку V_c буде адекватна поздовжній швидкості переміщення коренеплодів V_n робочими руслами, при цьому згідно з [5]

$$V_n = \frac{W_c}{B_p q} = \frac{W_c}{kq(D + c_d)}, \quad (4)$$

де B_p – ширина жолоба, м; q – маса вороху, розміщеного в один шар на площі 1 м², кг/м²; 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 λ_o . Тоді згідно з (3), (4) і припущення, що дольова участь домішок у об'ємній масі γ_G незначна, тобто $\gamma_G \cong \rho_1$, де ρ_1 – питома маса коренеплодів (кг/м³), залежність (3) запишемо у вигляді

$$W_o = Q_o \geq \lambda_o \frac{W_c F_n \rho_1 \varphi_k}{B_p q}, \quad (5)$$

де Q_o – продуктивність очисника, кг/с; λ_o – коефіцієнт сепарації домішок шнеками жолоба очисника.

Площа прохідного перерізу F_n жолоба ABO_4CO_1A визначається:

$$F_n = F_{np} + F_c - (F_{c.d_1} + F_{c.d_2} + \dots + F_{c.d_n}) = F_{np} + F_c - \sum_{i=1}^n F_{c.d_i}, \quad (6)$$

де F_{np} , F_c , – площа прямокутника ABO_4O_1 і сегмента $O_1O_4CO_1$, м²; $\sum_{i=1}^n F_{c.d_i}$ – сумарна площа секторів валів i -их шнеків, м²; $F_{c.d_1}$, $F_{c.d_2}$, ..., $F_{c.d_n}$ – площа сектора труби вала i -го шнека, м²; $i = 1, 2, \dots, n$ – кількість шнеків, шт.

Згідно з [6] F_c , та B_p дорівнюють:

$$F_c = 0,5R_o^2[(\pi\alpha_o/180) - \sin\alpha_o]; B_p = 2R_o \sin(\alpha_o/2) \text{ або } B_p = 2\sqrt{2h_oR_o - h_o^2}, \quad (7)$$

де R_o – радіус дуги ACD , м; α_o – центральний кут, який стягує дугу ACD , град.; 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 (7) отримаємо залежність для визначення F_c сегмента

$$F_c = 0,5R_o^2 \left\{ \left[\frac{\pi}{180} \arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2}\right) \right] - \sin\left[\arccos\left(\frac{(R_o - 2h_o)^2 - 2h_o^2}{4R_o^2}\right) \right] \right\}. \quad (8)$$

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 $k_{d_i} = F_{c.d_i} / F_d$.

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); α_d – центральний кут (град.) відрізняється від $F_d = \pi r^2$ [6] значенням складової $\alpha_d / 360$, тобто в нашому випадку вираз $\alpha_d / 360$ і буде адекватним коефіцієнтом пропорційності k_{d_i} , тобто

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

де d – діаметр труби вала шнека, м.

Центральний кут α_d визначимо згідно з [6], при цьому:

$$h_d = r[1 - \cos(\alpha_d/2)]; \alpha_d/2 = \arccos((h_d/r) - 1); \alpha_d = 2\arccos\left(\frac{2h_d}{d} - 1\right), \quad (10)$$

де h_d – висота сегмента сектора, утвореного кутом α_d , м.

Сумарна площа секторів $\sum_{i=1}^n F_{c.d_i}$ 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 (8), (9), (11) у формулу (6) одержимо рівняння для визначення площі поперечного перерізу F_n прохідного жолоба ABO_4CO_1A :

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

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

Таким чином, кінцева залежність для визначення пропускної здатності очисника W_o з врахуванням (5), (12) має вигляд:

$$W_o \geq \frac{\lambda_o W_c \rho_1 \varphi_k \left\{ D \sqrt{2h_o R_o - h_o^2} - \frac{\pi}{360} \times \left[0,5 d^2 \sum_{i=1}^n \arccos \left(\frac{2h_{d_i}}{d} - 1 \right) + R_o^2 Z \right] \right\}}{2q \sqrt{2h_o R_o - h_o^2}}. \quad (13)$$

Тоді згідно з (13) і умови (2) можна записати:

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

На графічних залежностях наведено поверхню та її двомірний переріз зміни коефіцієнта технологічної працездатності очисника $\eta_o \leq 1$ від діаметра шнека D та коефіцієнта заповнення жолоба русел φ_k як функції $\eta_o = f(D, \varphi_k) \leq 1$ при $\lambda_o = 0,5$; $q = 25$ кг/м² (рис. 2) та від питомої маси вороху коренеплодів q і діаметра шнека D як функції $\eta_o = f(D, q) \leq 1$ при $\lambda_o = 0,5$; $\varphi_k = 0,7$ (рис. 3).

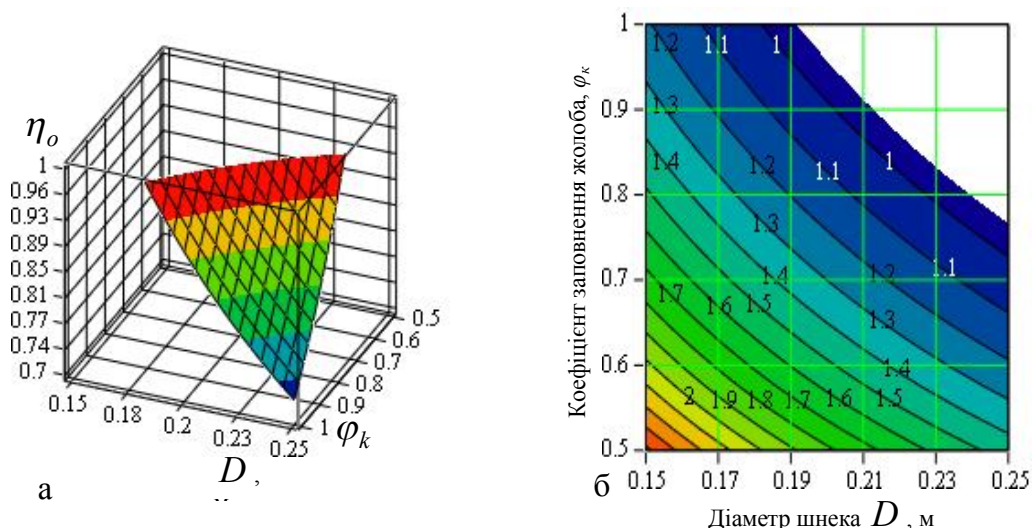


Рис. 2. – Залежність коефіцієнта технологічної працездатності очисника

$$\eta_0 = f(D, \varphi_k) \leq 1: a - \text{поверхня}; b - \text{двомірний переріз поверхні}$$

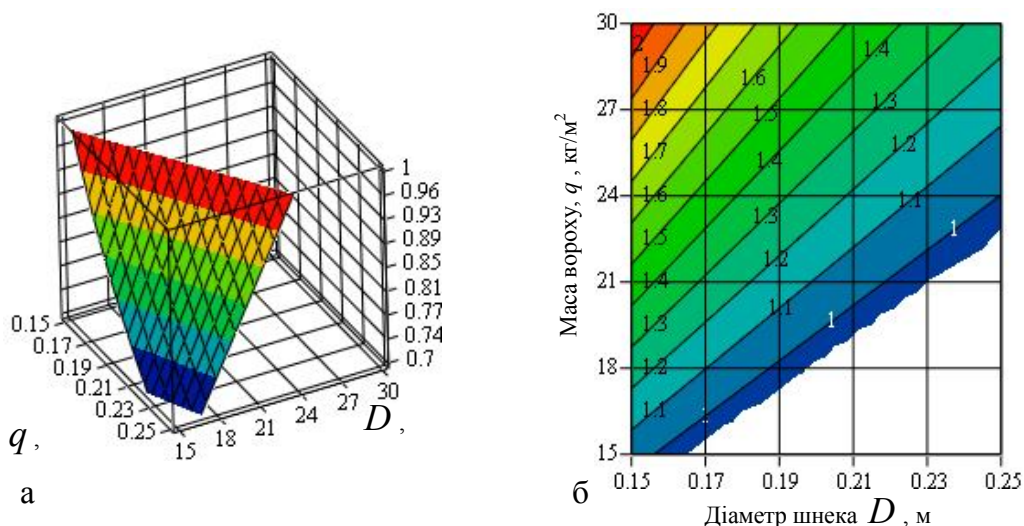


Рис. 3. – Залежність коефіцієнта технологічної працездатності очисника

$$\eta_0 = f(D, q) \leq 1: a - \text{поверхня}; b - \text{двомірний переріз поверхні}$$

Аналіз поверхонь та їх двомірних перерізів (рис. 2.) показує, що умова $\eta_0 \leq 1$ забезпечується для зміни діаметра шнека в межах $0,18 \leq D \leq 0,25$ (м) і відповідних їм межах зміни коефіцієнта заповнення простору жолоба русла комбінованого очисника $0,75 \leq \varphi_k \leq 1,0$ та значення коефіцієнта сепарації домішок очисником $\lambda_0 = 0,5$ і питомої маси вороху коренеплодів $q = 25$ кг/м². Залежно від зміни маси вороху коренеплодів q , розміщених в один шар, умова критерію $\eta_0 \leq 1$ (рис. 3) виконується для $0,15 \leq D \leq 0,25$ (м) та відповідних значень $15 \leq q \leq 23$ (кг/м²). Для встановленого згідно з конструктивними міркуваннями мінімального допустимого діаметра шнека комбінованого очисника вороху коренеплодів на рівні $D = 0,18$ м умова $\eta_0 \leq 1$ виконується для $\varphi_k \geq 0,9$; $\lambda_0 \geq 0,5$ при

$$q \leq 18 \text{ (кг/м}^2\text{)}.$$

Висновки

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 $0,7 \leq \varphi_k \leq 1,0$.

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.

Література

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, МКІІ⁷ А 01 Д 33/08. Комбінований очисник вороху коренеплодів / Барановський В.М., Паньків М.Р., Дубчак Н.А., Рами В.Ю.; заявник і власник ТНТУ. – № и 200907498; заявл. 17.07.2009.; опубл. 11.01.2010. Бюл. № 1.
3. Рами В.Ю. Аналіз тенденцій розвитку робочих органів для сепарації вороху коренеплодів / В.Ю. Рами, 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.