

**ОБГРУНТУВАННЯ КОЕФІЦІЄНТА ВТРАТ КОРЕНЕПЛОДІВ
ЦИКОРІЮ В ПРОЦЕСІ ВИКОПУВАННЯ****О. Ю. СКАЛЬСЬКИЙ**, аспірант***В. М. БАРАНОВСЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**E-mail: thesashko@hotmail.com; baranovskyvm@ukr.net*

Анотація. Однією з найважливіших передумов розробки робочих органів для викопування коренеплодів є агробіологічні та фізико-механічні властивості коренеплодів і ґрунтового середовища. Вони суттєво корегують механіко-технологічні явища, які характерні для робочих процесів складної динамічної систем «коренеплід- ґрунтове середовище-робочий орган». Показник кількості втрачених коренеплодів цикорію під час їх викопування робочими органами копача, або втрати коренеплодів, є одним з пріоритетних показників у загальному контексті агротехнічних вимог до процесу збирання коренеплодів. Він регламентує втрати сировини та в кінцевому випадку – економічну

рентабельність вирощування та переробки коренеплодів цикорію. На основі аналітичного аналізу отримано теоретичні залежності для визначення коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію під час їх викопування залежно від характеру зламу підземної частини. За результатами експериментальних досліджень розроблено рівняння регресії, які характеризують зміну коефіцієнта втрат коренеплодів залежно від параметрів процесу. Встановлено, що розбіжність теоретичних і експериментальних значень коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію знаходиться у межах від 10 до 15 %.

Ключові слова: глибини залягання, об'єм, підземна частина, кут зламу, комбінований копач, глибина ходу, швидкість руху.

Актуальність. Створення робочих органів, які б забезпечували мінімальні пошкодження та задовільну повноту збирання коренеплодів, є актуальною науковою задачею. Розмірно-масові параметри та характеристики коренеплодів цикорію, як елемента

кінематично-динамічної системи (функціональної моделі) «коренеплід- ґрунтове середовище-робочий орган», є одними із визначальних вихідних показників для обґрунтування технологічних процесів і конструктивно-кінематичних параметрів робочих

* Науковий керівник - доктор технічних наук, професор Барановський В.М.

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

органів машин, які повинні забезпечити встановлені показники якості збирання коренеплодів згідно з агротехнічними вимогами [1, с. 244-245; 2, с. 12-14].

Втрати коренеплодів цикорію під час їх викопування комбінованим копачем в основному можуть виникати за рахунок зламу та не викопування тієї частини коренеплодів, яка залягає у ґрунтовому середовищі, або під час подальшого не підбирання викопаних коренеплодів і їх частин [3, с. 109].

Розробка ефективних технологічних процесів викопування крихких коренеплодів цикорію з умови забезпечення мінімальних втрат вимагає інтегрованого неординарного наукового підходу до рішення технічної задачі підвищення технологічних показників якості роботи коренезбиральних машин [4, с. 65, 76-78].

Своєчасне збирання коренеплодів цикорію в оптимальні агротехнічні строки за мінімальних втрат і найменших затратах праці – одна із важливих сучасних задач розробки коренезбиральних машин. Основною причиною зниження виробництва цикорію є недосконалість техніки для їх збирання та невідповідність показників якості її роботи агротехнічним вимогам.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Механізоване збирання коренеплодів цикорію

застарілими комплексами бурякозбиральних машин призводить до значних втрат коренів, які можуть становити 45...60 % [5, с. 23-25; 6, с. 74-76] та незадовільних показників очищення коренеплодів від домішок (12...18 %) залежно від ґрунтово-кліматичних умов збирання [7, с. 128]. Застосування сучасних самохідних комбайнів провідних зарубіжних фірм на незначних посівних площах цикорію практично нерентабельне у зв'язку з значною купівельною вартістю таких машин – 650...800 тис. грн за одиницю.

Використання існуючих технічних засобів, призначених для збирання коренеплодів цикорію та застосування ручної праці на окремих технологічних операціях збирання, що характерно для колективних і фермерських господарств, значно збільшує використання енергоресурсів та суттєво знижує економічні показники і рентабельність умов господарювання. При цьому існують значні технологічні спроможності та наукові передумови для розробки комбінованих копачів, які забезпечать підвищення техніко-економічних показників промислового виробництва коренеплодів цикорію кореневого.

Мета дослідження – зменшення втрат коренеплодів цикорію шляхом обґрунтування параметрів робочих органів комбінованого копача.

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

Матеріали і методи дослідження. Втрати коренеплодів, які виникають під час викопування комбінованим копачем за певний проміжок часу t за рахунок зламу та не викопування тієї частини довжини коренеплодів, яка залягає у ґрунті охарактеризуємо, як коефіцієнт втрат коренеплодів цикорію (у подальшому – коефіцієнт втрат, який позначимо як $k_v(t)$), при цьому його кількісне значення виразимо, як відношення загальної маси втрачених (невикопаних) частин коренеплодів до загальної маси викопаних коренеплодів:

$$k_v(t) = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_k} m_i(t)}{\sum_{i=1}^{N_k} M_i(t)} \right] 100, \quad (1)$$

де $k_v(t)$ – коефіцієнт втрат за певний проміжок часу викопування t , %; $\sum_{i=1}^{N_k} M_i(t)$, $\sum_{i=1}^{n_k} m_i(t)$ – загальна маса викопаних коренеплодів і загальна маса невикопаних (втрачених) частин коренеплодів за певний проміжок часу викопування t , кг; N_k – загальна кількість викопаних коренеплодів за певний проміжок часу викопування t , шт.; n_k – загальна кількість невикопаних (втрачених) частин коренеплодів за певний проміжок часу викопування t , шт.

Для формалізації опису об'єкта дослідження та проведення конкретизованих аналітичних

розрахунків і подальшого аналізу коефіцієнта втрат викопаних коренеплодів основних сортів цикорію, які культивуються при їх вирощуванні [8, с. 69-70], приймаємо базове припущення, що коренеплід має просторову форму та складається з головки 1 (рис. 1а) та тіла 2, утвореного прямим круговим конусом, яке має хвостову частину тіла коренеплоду, при цьому накладаємо такі обмеження та припущення: головка 1 коренеплоду цикорію в першому варіанті має форму півкулі, об'єм якої – V_{D_k} , а в другому – форму зрізаної півкулі, об'єм якої – V_{H_1} , а центр півкулі співпадає з центром основи (кола) конуса діаметром D_k ; площа зламу хвостової частини тіла 2 коренеплоду, яка обмежена колом, діаметр якого становить d_k (рис. 1а) в першому випадку паралельна площині основи конуса, яка обмежена колом, діаметр якого становить D_k ; площа зламу хвостової частини тіла 2 коренеплоду, яка обмежена еліпсом, мала та велика вісь якого становлять b_z і a_z (рис. 1б) в другому випадку може бути розташована відносно площини основи конуса під кутом $\pm \alpha_z$, де знак «плюс» означає напрямок зламу вгору відносно осі конуса, а знак «мінус» – вниз відносно осі конуса.

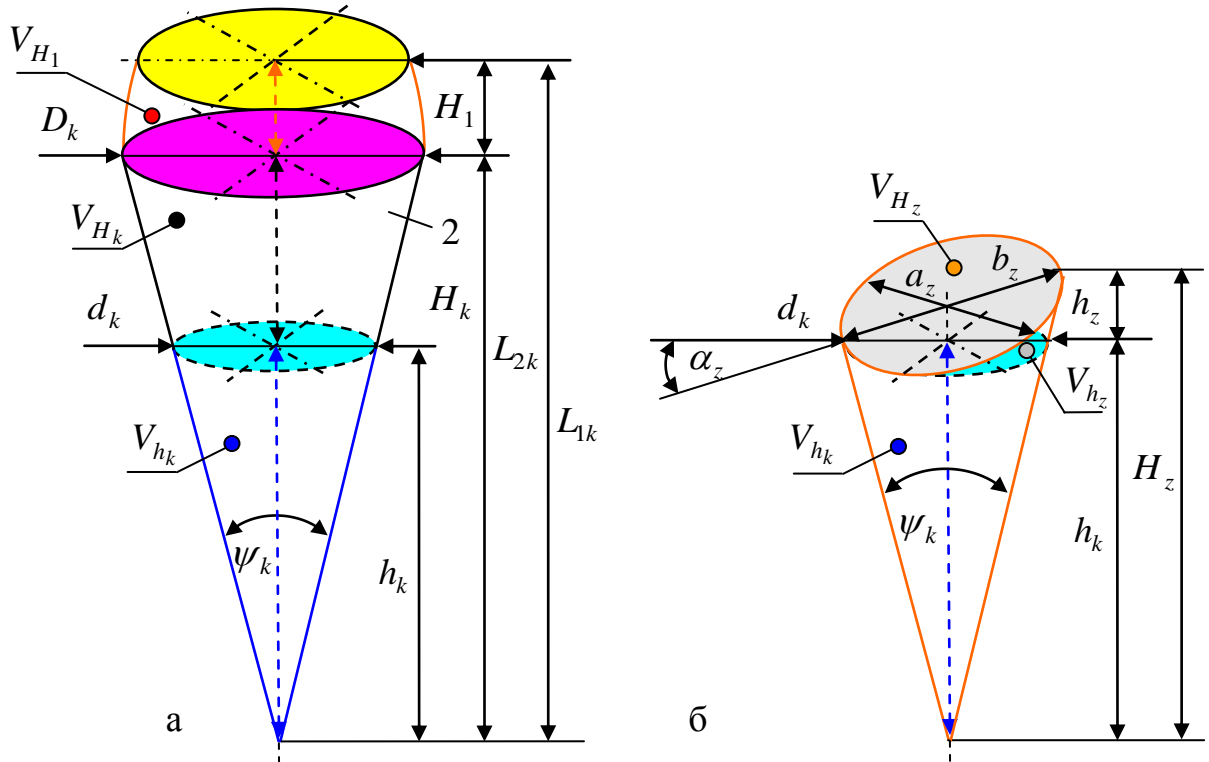


Рис. 1. Схема для розрахунку коефіцієнта втрат коренеплодів

Тоді згідно з формулою (1) та рис. 1, а також встановлених і прийнятих для кожного з варіантів розгляду просторової форми коренеплодів цикорію і випадків характеру зламу хвостової частини, відповідні конкретизовані значення коефіцієнта втрат коренеплодів за певний проміжок часу викопування t та з врахуванням, що маса тіла $m_k = \rho_k V_k$, де ρ_k – питома маса тіла, V_k – об’єм тіла [8, с. 325]

визначаються за формулою:

– для першого варіанту коли головка коренеплоду цикорію, об’єм якого позначимо через V_{1k} (см³) має форму півкулі, при цьому площина зламу хвостової частини тіла коренеплоду паралельна площині основи конуса (рис. 1а), або розташована відносно площини основи конуса під кутом зламу $\pm \alpha_z$ (рис. 1б):

$$k_{1v} = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n V_{h_{ki}} / \rho_k \sum_{i=1}^N V_{1ki} \right] 100\% = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n V_{h_{ki}} / \rho_k \sum_{i=1}^N (V_{D_{ki}} + V_{H_{ki}}) \right] 100\%; \quad (2)$$

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

$$k_{1(\pm)v} = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n V_{H_{zi}} / \rho_k \sum_{i=1}^N V_{1ki} \right] 100\% = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n (V_{h_{ki}} \pm V_{h_{zi}}) / \rho_k \sum_{i=1}^N (V_{D_{ki}} + V_{H_{ki}}) \right] 100\%, \quad (3)$$

де k_{1v} – коефіцієнт втрат коренеплодів за певний проміжок часу викопування t для першого варіанту і першого випадку, коли площина зламу хвостової частини тіла коренеплоду паралельна площині основи конуса, %; $V_{h_{ki}}$ – об'єм зламаної та втраченої хвостової частини тіла i -го коренеплоду для першого випадку, см^3 ; $V_{D_{ki}}$ – об'єм головки i -го коренеплоду, яка має форму півсфери, см^3 ; $V_{H_{ki}}$ – об'єм тіла i -го коренеплоду, см^3 ; $k_{1(\pm)v}$ – коефіцієнт втрат коренеплодів за певний проміжок часу викопування t для першого варіанту і другого випадку, коли площина зламу хвостової частини тіла коренеплоду розташована відносно площини

основи конуса під кутом зламу $\pm \alpha_z$, %; $V_{H_{zi}}$ – сумарний об'єм зламаної та втраченої хвостової частини тіла i -го коренеплоду для другого випадку, см^3 ; $V_{h_{zi}}$ – об'єм зламаної та втраченої хвостової частини тіла i -го коренеплоду для другого випадку, см^3 ;

– для другого варіанту коли головка коренеплоду цикорію, об'єм якого позначимо через V_{2k} (см^3) має форму зрізаної півкулі, при цьому площина зламу хвостової частини тіла коренеплоду паралельна площині основи конуса (рис. 1а), або розташована відносно площини основи конуса під кутом $\pm \alpha_z$ (рис. 1б):

$$k_{2v} = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n V_{h_{ki}} / \rho_k \sum_{i=1}^N V_{2ki} \right] 100\% = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n V_{h_{ki}} / \rho_k \sum_{i=1}^N (V_{H_{1i}} + V_{H_{ki}}) \right] 100\%; \quad (4)$$

$$k_{2(\pm)v} = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n V_{H_{zi}} / \rho_k \sum_{i=1}^N V_{2ki} \right] 100\% = \left[\rho_k \sum_{i=1}^n (V_{h_{ki}} \pm V_{h_{zi}}) / \rho_k \sum_{i=1}^N (V_{H_{1i}} + V_{H_{ki}}) \right] 100\%, \quad (5)$$

де k_{2v} – коефіцієнт втрат коренеплодів за певний проміжок часу викопування t для другого варіанту і першого випадку, коли площина зламу хвостової частини тіла коренеплоду паралельна площині основи конуса, %; $V_{H_{1i}}$ – об'єм головки i -го коренеплоду, яка має форму зрізаної півсфери, см^3 ; $k_{2(\pm)v}$ – коефіцієнт втрат коренеплодів за певний проміжок часу

викопування t для другого варіанту і другого випадку, коли площина зламу хвостової частини тіла коренеплоду розташована відносно площини основи конуса під кутом зламу $\pm \alpha_z$, %.

Підставивши значення визначених складових об'ємів у відповідні залежності (2)–(5) та після перетворення і спрощення отримано:

$$k_{1v} = \frac{\rho_k \sum_{i=1}^n d_{ki}^2 h_{ki}}{\rho_k \sum_{i=1}^N (D_{ki}^3 + D_{ki}^2 H_{ki})} 100\%; \quad (6)$$

$$k_{1(\pm)v} = \frac{2\rho_k \sum_{i=1}^n d_{ki}^3 (2 \pm 3tg \alpha_{zi})}{\rho_k \sum_{i=1}^N (D_{ki}^3 + D_{ki}^2 H_{ki})} 100\%; \quad (7)$$

$$k_{2v} = \frac{\rho_k \sum_{i=1}^n d_{ki}^2 h_{ki}}{\rho_k \sum_{i=1}^N [D_{ki}^3 - 4(0,5D_{ki} - H_{1i})^2 (D_{ki} + H_{1i}) + D_{ki}^2 H_{ki}]} 100\%; \quad (8)$$

$$k_{2(\pm)v} = \frac{2\rho_k \sum_{i=1}^n d_{ki}^3 (2 \pm 3tg \alpha_{zi})}{\rho_k \sum_{i=1}^N [D_{ki}^3 - 4(0,5D_{ki} - H_{1i})^2 (D_{ki} + H_{1i}) + D_{ki}^2 H_{ki}]} 100\%, \quad (9)$$

де D_{ki} – діаметр i -го коренеплоду, см; H_{ki} – висота тіла i -го коренеплоду, см; d_{ki} – діаметр основи площини зламу хвостової частини тіла i -го коренеплоду для першого випадку, см; h_{ki} – висота зламу хвостової частини тіла i -го коренеплоду для першого випадку, см.

$V_{h_{ci}}$ – об'єм кульового сегменту головки i -го коренеплоду, см³;

Після вираження неувяних характеристик коренеплоду d_k і H_k

через уявні розмірні параметри коренеплодів і теоретичного обґрунтування загальної кількості викопаних коренеплодів цикорію N_i та загальної кількості зламаних і не викопаних хвостових частин тіла коренеплодів n , або втрачених коренеплодів за певний проміжок часу t технологічного процесу роботи комбінованого копача, отримано кінцеві залежності для визначення коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію для двох варіантів і випадків:

$$k_{1v} = \frac{4\rho_k \lambda_k h_k^3 tg^2(\psi_k/2)}{\rho_k (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3)} 100\%; \quad (10)$$

$$k_{2v} = \frac{4\rho_k \lambda_k h_k^3 tg^2(\psi_k/2)}{\rho_k (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3)} 100\%; \quad (11)$$

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

$$k_{1(\pm)v} = \frac{16\rho_k \lambda_k h_k^3 (2 \pm 3tg\alpha_z) tg^3(\psi_k/2)}{\rho_k (\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3)} 100\%; \quad (12)$$

$$k_{2(\pm)v} = \frac{16\rho_k \lambda_k h_k^3 (2 \pm 3tg\alpha_z) tg^3(\psi_k/2)}{\rho_k (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3)} 100\%, \quad (13)$$

де λ_k – коефіцієнт кількості зламаних хвостових частин тіла коренеплодів цикорію; ψ_k – кут конуса росту коренеплоду, град.; D_{k1} , D_{k2} , D_{k3} і L_{1k} , L_{2k} , L_{3k} – діаметр і загальна довжина розмірної групи

коренеплодів, см; α_z – кут зламу хвостової частини, град.;

$$\Phi_1 = 0,5D_{k1}^3 + D_{k1}^2 L_{1k1};$$

$$\Phi_2 = 0,5D_{k2}^3 + D_{k2}^2 L_{1k2};$$

$$\Phi_3 = 0,5D_{k3}^3 + D_{k3}^2 L_{1k3};$$

$$\Pi_1 = D_{k1}^3 - 4(0,5D_{k1} - H_{11})^2(D_{k1} + H_{11}) + D_{k1}^2(L_{2k1} - H_{11});$$

$$\Pi_2 = D_{k2}^3 - 4(0,5D_{k2} - H_{12})^2(D_{k2} + H_{12}) + D_{k2}^2(L_{2k2} - H_{12});$$

$$\Pi_3 = D_{k3}^3 - 4(0,5D_{k3} - H_{13})^2(D_{k3} + H_{13}) + D_{k3}^2(L_{2k3} - H_{13}).$$

Результати досліджень та їх обговорення. Для проведення аналізу одержаних аналітичних залежностей (10)–(13) за початкових умов $D_{k1} = 5$ см, $D_{k2} = 7$ см, $D_{k3} = 9$ см, $H_{11} = 3,5$ см, $H_{12} = 5,5$ см, $H_{13} = 7,5$ см, $L_{1k1} = L_{2k1} = 20$ см, $L_{1k2} = L_{2k2} = 25$ см, $L_{1k3} = L_{2k3} = 30$ см,

$\psi_k = \pi/6$, $\alpha_z = \pi/12$ побудовано залежності зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію від довжини зламу h_k хвостової частини тіла коренеплоду і коефіцієнта кількості λ_k зламаних хвостових частин викопаних коренеплодів цикорію.

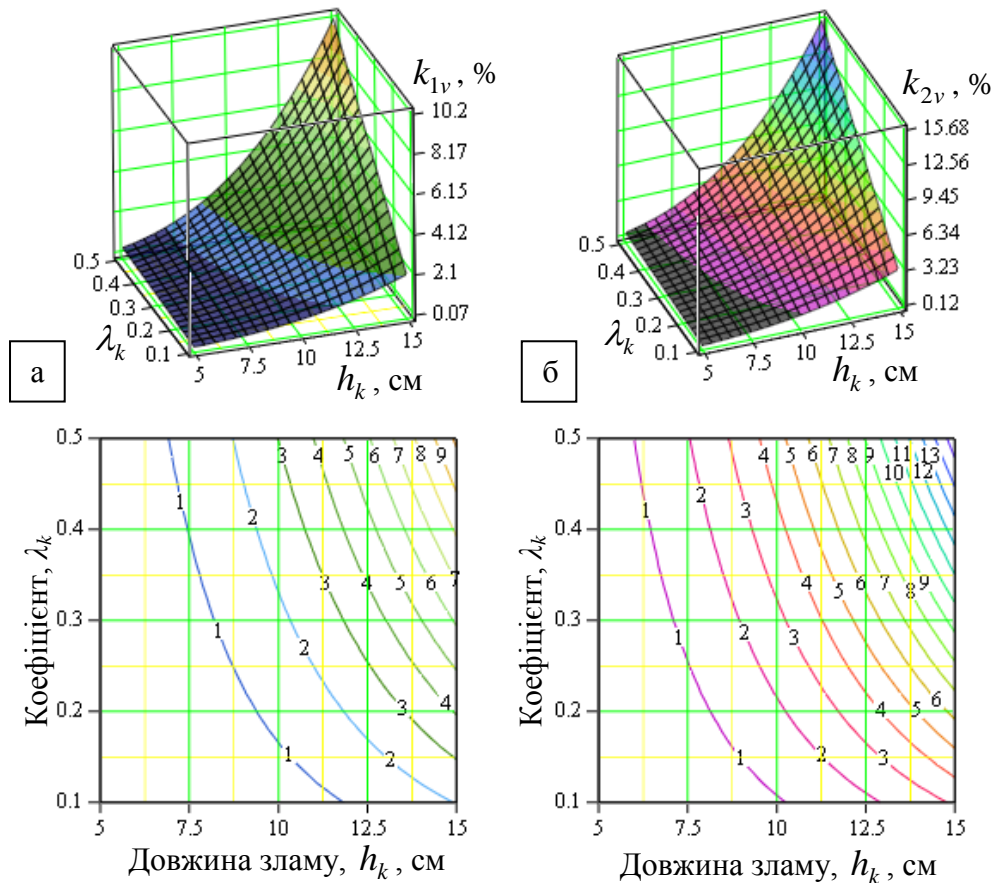


Рис. 2. Залежність зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію за умови

$$\alpha_z = 0: \text{а} - k_{1v} = f_{1v}(h_k; \lambda_k); \text{б} - k_{2v} = f_{2v}(h_k; \lambda_k)$$

Значне зростання коефіцієнта втрат, як у першому k_{1v} , так і у другому k_{2v} варіантах прийнятих форм головки коренеплоду і умови $\alpha_z = 0$, який змінюється у межах 0,1...16 % (рис. 2а, б), спостерігається за збільшення довжини зламу хвостової частини тіла коренеплоду h_k та коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин λ_k коренеплодів за значень $h_k > 10$ см та $\lambda_k > 0,3$. За значення зміни діапазону довжини зламу хвостової частини тіла коренеплоду у межах $5 \leq h_k \leq 10$ см, або зміни діапазону коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин у

межах $0,1 \leq \lambda_k \leq 0,3$ значення k_{1v} зростає від 0,06 до 1,5 %.

У другому випадку зламу хвостової частини тіла коренеплоду цикорію під кутом зламу $\pm \alpha_z$ та для двох варіантів прийнятих форм головки коренеплоду, значення коефіцієнта втрат коренеплодів $k_{1(+v)}$ і $k_{2(+v)}$ відносно умови зламу хвостової частини $\alpha_z = 0$ збільшується у середньому на 9 % (рис. 2, рис. 3а, б), а значення коефіцієнта втрат $k_{1(-v)}$ і $k_{2(-v)}$ – зменшується у середньому на 3 % (рис. 4), при цьому значний приріст $k_{1(+v)}$ і $k_{2(+v)}$ відбувається за

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

значень $h_k > 9$ см та $\lambda_k > 0,3$, а коефіцієнта втрат $k_{1(-)v}$ і $k_{2(-)v}$ – за значень довжини зламу хвостової

частини тіла коренеплоду $h_k > 12$ см та коефіцієнта кількості зламаних коренеплодів $\lambda_k > 0,1$.

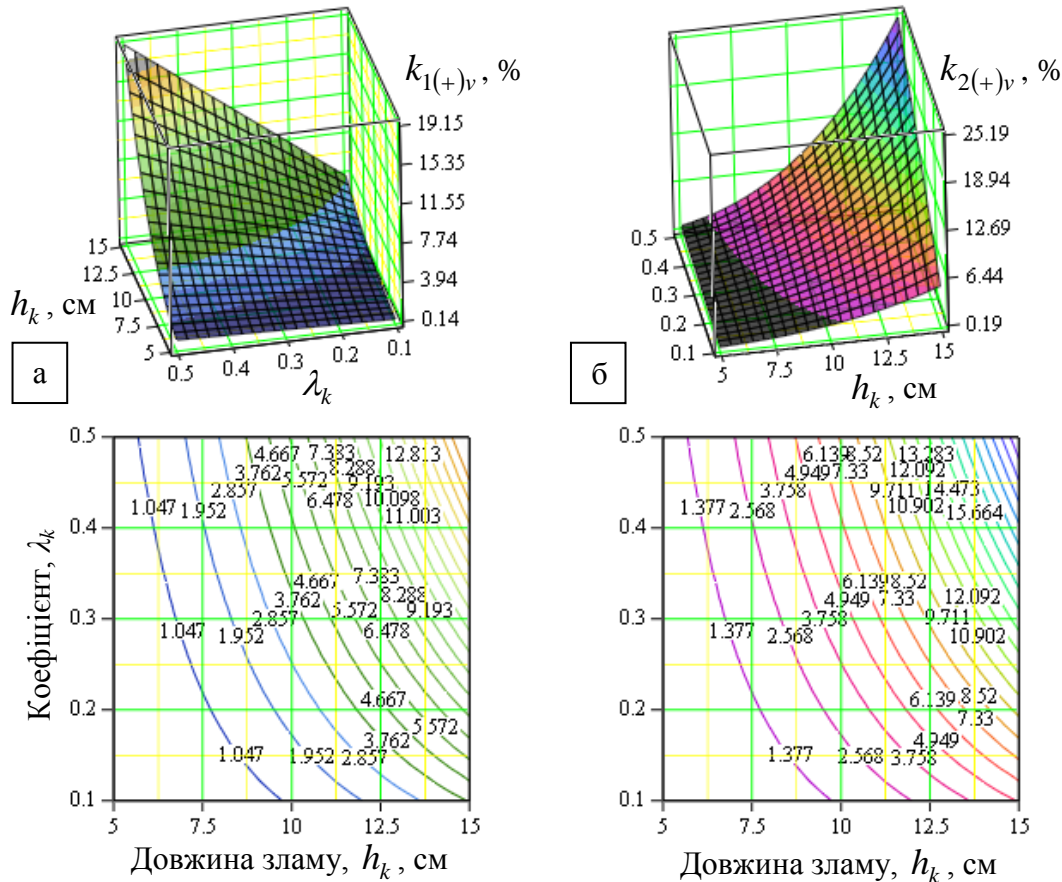


Рис. 3.

Залежність зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію:

$$\mathbf{a} - k_{1(+),v} = f_{1(+),v}(h_k; \lambda_k); \quad \mathbf{б} - k_{2(+),v} = f_{2(+),v}(h_k; \lambda_k)$$

За значення зміни діапазону довжини зламу хвостової частини тіла коренеплоду під кутом зламу $(+\alpha_z)$ у межах $h_k \leq 9$ см, або зміни діапазону коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин у межах $\lambda_k \leq 0,3$, значення $k_{1(+),v}$ зростає від

0,07 до 1,75 %, а значення $k_{2(+),v}$ – від 0,2 до 3,0 %. При цьому за умови зламу $(-\alpha_z)$ коефіцієнт втрат $k_{1(-),v}$ зростає від 0,05 до 2,0 %, а коефіцієнт втрат $k_{2(-),v}$ – від 0,09 до 3,6 %.

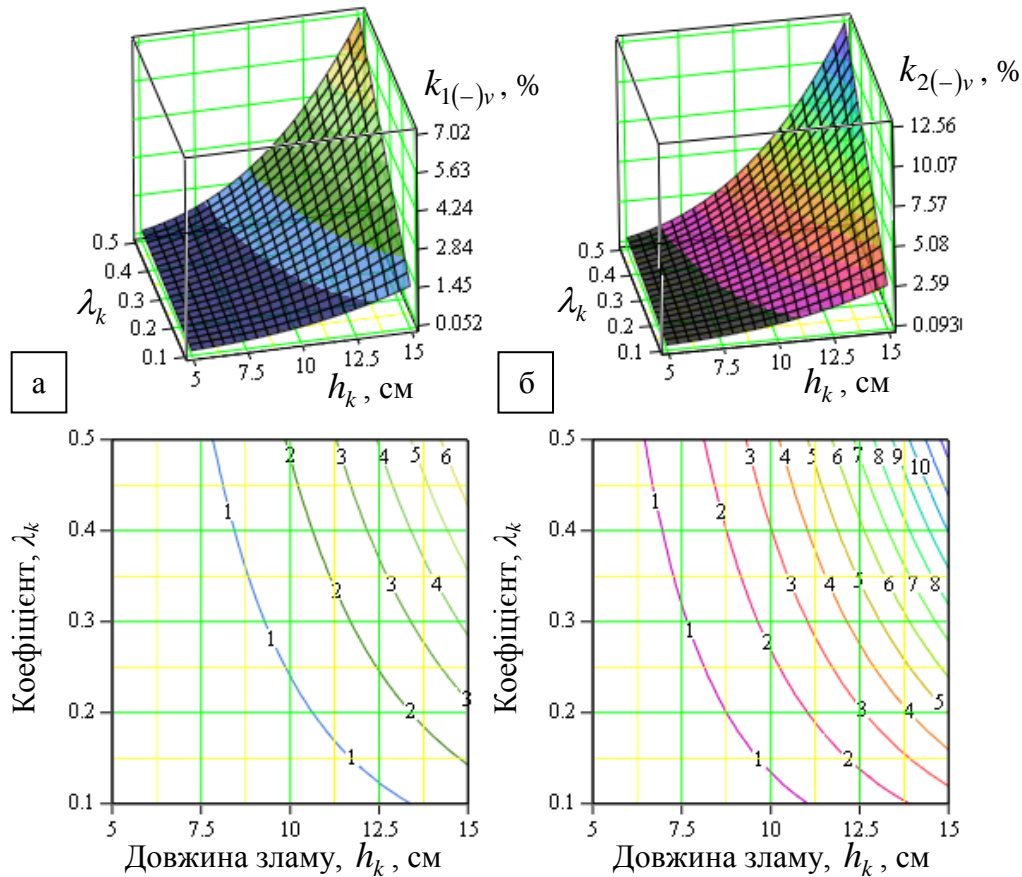


Рис. 4. Залежність зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію:

$$\text{а} - k_{1(-)v} = f_{1(-)v}(h_k; \lambda_k); \text{б} - k_{2(-)v} = f_{2v}(h_k; \lambda_k)$$

На основі графічного аналізу можна констатувати, що існує зворотна залежність зміни коефіцієнта k_{1v} і k_{2v} залежно від діаметра коренеплоду цикорію D_k – за збільшення D_k коефіцієнт втрат k_{1v} і k_{2v} зменшується, причому ступінь зменшення k_{1v} і k_{2v} за умови $h_k \leq 10$ см є незначним і знаходиться у межах 1,0...2,0 %. Залежно від зміни кута конуса росту коренеплоду ψ_k наявна пряма залежність зміни коефіцієнта втрат k_{1v} і k_{2v} , а ступінь збільшення становить 1,5...2,5 %.

Аналіз наведених залежностей зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію залежно від кута зламу хвостової частини α_z для другого випадку під кутом зламу $\pm \alpha_z$ показує, що зі збільшенням кута зламу за умови характеру зламу тіла коренеплоду під кутом $(+\alpha_z)$ коефіцієнт $k_{1(+)v}$ і $k_{2(+)v}$ збільшується, причому їх значний приріст (у межах 2,0...3,0 %) відбувається за значення кута зламу $\alpha_z \geq 0,2$ (рад), довжини зламу хвостової частини $h_k > 10$ см і коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин $\lambda_k > 0,3$.

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

Функціональна залежність зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію $k_{1(-)v}$ і $k_{2(-)v}$ залежно від кута зламу хвостової частини α_z для другого випадку за умови характеру зламу тіла коренеплоду під кутом ($-\alpha_z$) має зворотний характер – зі збільшенням кута зламу хвостової частини α_z коефіцієнт $k_{1(-)v}$ і $k_{2(-)v}$ зменшується, причому значне зменшення (у межах 1,5...2,0 %) відбувається за значення за значення кута зламу $\alpha_z \geq 0,3$ (рад), довжини зламу $h_k > 10$ см.

Для обґрунтування коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію k_v після їх викопування комбінованим копачем і встановлення емпіричної закономірності, яка регламентує (характеризує) залежність зміни коефіцієнта k_v та перевірки адекватності закономірності зміни теоретичних значень k_{1v} і k_{2v} згідно з аналітичними залежностями (10), (11), провели експериментальні дослідження процесу викопування коренеплодів цикорію, реалізацію яких здійснювали згідно з загальновідомою методикою

[10, с. 5-25].

Коефіцієнт втрат коренеплодів k_{1v} визначали за умови зламу хвостової частини тіла коренеплоду під кутом зламу $\alpha_z = 0 \pm 1$ град, тобто визначали експериментальне значення $k_{1v}^{(i)}$ для трьох розмірних груп діаметра коренеплодів – $D_k = 40$ мм ($k_{1v}^{(40)}$), $D_k = 60$ мм ($k_{1v}^{(60)}$), $D_k = 80$ мм ($k_{1v}^{(80)}$).

Після визначення коефіцієнтів, перевірки адекватності вибраної моделі відповідному експериментальному масиву даних і оцінки статистичної значущості коефіцієнтів рівняння регресії за відповідними критеріями було одержано кінцевий вигляд рівняння регресії зміни коефіцієнта втрат коренеплодів $k_{1v}^{(i)}$ для трьох розмірних груп діаметра коренеплодів D_k залежно від довжини зламу h_k хвостової частини тіла коренеплоду та коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин λ_k викопаних коренеплодів у натуральних величинах як функціонала $k_{1v}^{(i)} = f_{1v}(h_k; \lambda_k)$ за результатами проведеного ПФЕ 3²:

$$k_{1v}^{(40)} = 14,35 - 4,11h_k - 44,95\lambda_k + 8,38h_k\lambda_k + 0,3h_k^2 + 17,37\lambda_k^2; \quad (14)$$

$$k_{1v}^{(60)} = 11,8 - 3,3h_k - 32,98\lambda_k + 5,54h_k\lambda_k + 0,23h_k^2 + 16,63\lambda_k^2; \quad (15)$$

$$k_{1v}^{(80)} = 1,77 - 0,51h_k - 5,79\lambda_k + 1,46h_k\lambda_k + 0,04h_k^2 + 0,48\lambda_k^2. \quad (16)$$

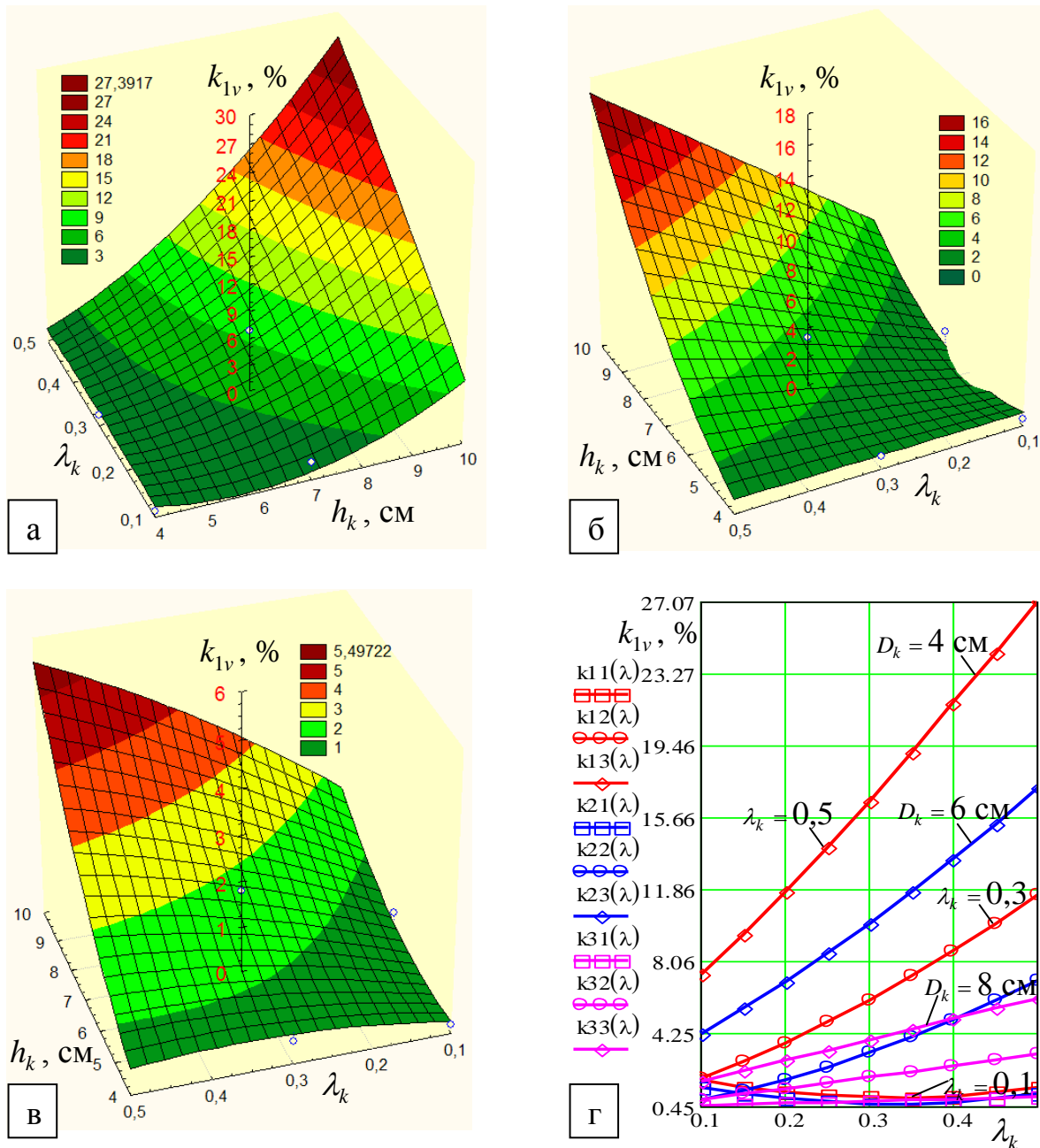


Рис. 5. Поверхня відгуку зміни $k_{lv}^{(i)}$ за умови $\alpha_z = 0$:

а – $k_{lv}^{(40)} = f_{lv}(h_k; \lambda_k)$; **б** – $k_{lv}^{(60)} = f_{lv}(h_k; \lambda_k)$; **в** – $k_{lv}^{(80)} = f_{lv}(h_k; \lambda_k)$;

г – залежність зміни $k_{lv}^{(i)} = f_{lv}(\lambda_k)$

Аналіз регресійних залежностей (14)-(16) та наведених графічних побудов (рис. 5) показує, що функціонально характер зміни

коефіцієнта втрат коренеплодів $k_{lv}^{(i)}$ для трьох розмірних груп діаметра коренеплодів D_k знаходиться у прямій залежності від зміни факторів – за

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

збільшення довжини зламу h_k хвостової частини тіла коренеплоду та коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин λ_k викопаних коренеплодів, коефіцієнт $k_{1v}^{(i)}$

збільшується, але інтенсивність приросту $k_{1v}^{(i)}$ залежно від розмірної групи діаметра коренеплодів D_k і меж варіювання кожного фактора протікає по-різному.

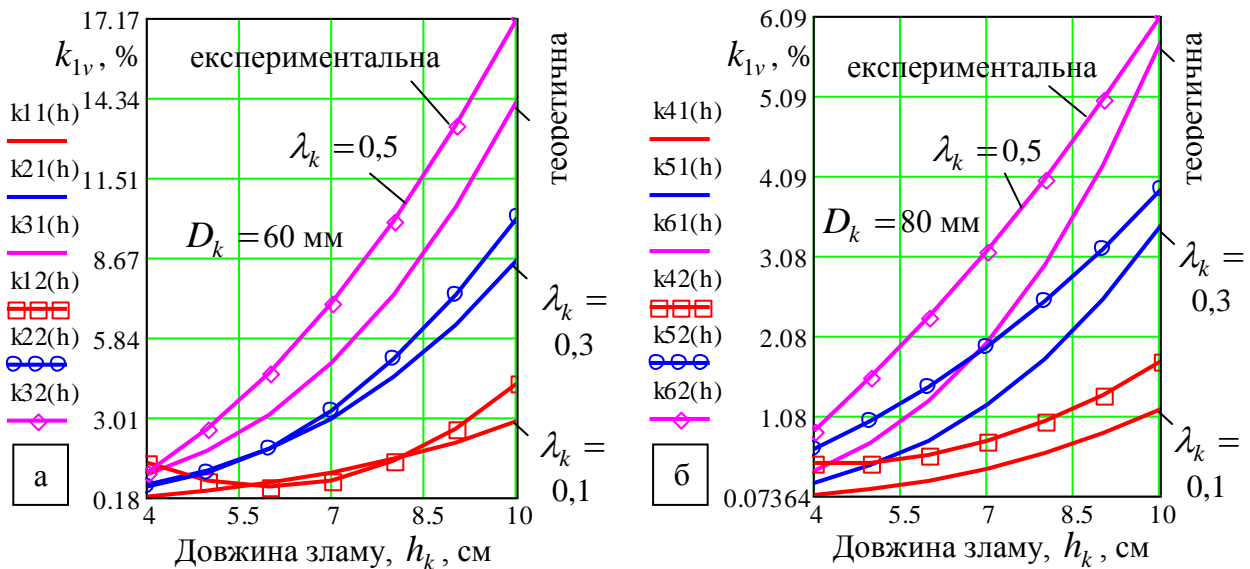


Рис. 6. Залежність зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію за умови $\alpha_z = 0$: а, б – $k_{1v} = f_{1v}(h_k)$

Значне зростання коефіцієнта втрат $k_{1v}^{(i)}$ за умови зламу хвостової частини тіла коренеплодів під кутом зламу $\alpha_z = 0$, які змінюється у межах $k_{1v}^{(40)} = 0,8...27$ %, (рис. 5а, г), $k_{1v}^{(60)} = 0,5...16$ %, (рис. 5б, г), $k_{1v}^{(80)} = 0,45...5,5$ %, (рис. 5в, г) спостерігається за збільшення довжини зламу хвостової частини тіла коренеплоду h_k та коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин λ_k коренеплодів за значень $h_k > 7$ см та $\lambda_k > 0,3$. За значення зміни діапазону довжини зламу хвостової частини тіла коренеплоду у межах $4 \leq h_k \leq 7$ см, або зміни діапазону

коефіцієнта кількості зламаних хвостових частин у межах $0,1 \leq \lambda_k \leq 0,3$ (рис. 5г) значення коефіцієнта втрат $k_{1v}^{(40)}$ для діаметра коренеплодів $D_k = 40$ мм зростає від 0,8 до 6,5 %, значення $k_{1v}^{(60)}$ для $D_k = 60$ мм – від 0,5 до 3,5 %, а значення $k_{1v}^{(80)}$ для $D_k = 80$ мм – від 0,45 до 1,5 %.

Також встановлено, що зі збільшенням діаметра коренеплодів цикорію від $D_k = 40$ мм до $D_k = 80$ мм коефіцієнт втрат коренеплодів $k_{1v}^{(i)}$ значно зменшується – з 27 % до 5,5 %, тобто приблизно в 4 рази.

Аналіз побудованих згідно з (13) теоретичної та згідно з (14)-(16)

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

експериментальної залежностей зміни коефіцієнта втрат коренеплодів після їх викопування комбінованим копачем показує, що розбіжність значень коефіцієнта втрат, отриманих теоретично k_{1v} та експериментально $k_{1v}^{(i)}$ знаходиться у межах від 10 до 15 % (рис. 6).

Висновки і перспективи подальших досліджень. На основі проведеного емпірично-графічного методу аналізу зміни коефіцієнта втрат k_{1v} коренеплодів цикорію конусної форми від розмірних параметрів коренеплодів і характеру зламу хвостової частини коренеплодів можна констатувати, що забезпечення мінімальних втрат коренеплодів під час їх викопування комбінованим копачем до межі $k_{1v} \leq 2,5$ % можна досягнути за наступних умов: довжина зламу хвостової частини тіла

коренеплоду $h_k < 7$ см; коефіцієнт кількості зламаних хвостових частин тіла коренеплодів $\lambda_k \leq 0,3$; кут зламу хвостової частини $\alpha_z = 0$.

За результатами розбіжностей аналітичної та емпіричної моделей можна стверджувати, що розроблені теоретичні математична моделі (13) і (14), які описують характер зміни коефіцієнта втрат коренеплодів цикорію, адекватні реальному існуючому процесу, або достовірно описують процес викопування коренеплодів цикорію з урахуванням формалізації об'єкту дослідження і можуть, поряд з одержаними емпіричними рівняннями регресії (14)–(16), бути використані для подальшого обґрунтування конструктивно-кінематичних параметрів комбінованого копача.

Список використаних джерел

1. Идентификация процесса разработки адаптированной корнеуборочной машины / Дубровин Валерий та др. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Lublin-Rzeszow. 2013. Vol. 15. № 3. С. 243–255.
2. ДСТУ 2258-93. Машини бурякозбиральні. К. : Держстандарт України. 1993. 18 с.
3. Барановський В. М., Підгурський М. І., Паньків М. Р. Методологічні та конструктивно-

технологічні аспекти розробки адаптованих корнезбиральних машин. Науковий журнал. Вісник ТНТУ. 2014. Т. 2 (74). С. 106–113.

4. Погорелый Л. В., М. В. Татьянако. Свеклоуборочные машины: история, конструкция, теория, прогноз. К. : Феникс, 2004. 232 с.

5. Яценко О. Я. Цикорій коренеплідний: Біологія, селекція, виробництво і переробка коренеплодів: навчальний посібник. Умань: ФІЦБ УААН, 2003. 161 с.

6. Стельмах В. М. Вивчення основних розмірних параметрів і фізико-механічних характеристик

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

цикорію кореневого. Наук.-техн. бюл. Хмельницької держ. сільськогосподарської дослідної станції. К., 1996. № 4. С. 72–80.

7. Кінах В. А., Борисюк В. О. Інтенсифікація виробництва цикорію кореневого – необхідна вимога часу./ В. А. Кінах, Зб. наук. пр. ІЦБ УААН. Київ, 1994. С. 127–130.

8. Ткач О. В. Цикорій та особливості його вирощування. Рослинництво. 2004. № 3. С. 68–74.

9. Бронштейн И. Н., Семедяев К. А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1981. 706 с.

10. КД 46.16.01.005-93. Випробування сільськогосподарської техніки. Основні положення. К., 1993. 34 с.

References

1. Dubrovin, Valerij, Golub, Gennadij, & Teslyuk, Viktor (2013). Identifikaciya processa razrabotki adaptirovannoj korneuborochnoj mashiny. MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery. Lublin-Rzeszow, 2013, 15, 3, 243–255.

2. DSTU 2258-93 (1993). Mashyny buriakozbyralni. К. : Derzhstandart Ukrainy. 18.

3. Baranovskyi, V. M., Pidhurskyi, M. I., Pankiv M. R. (2014).

Metodolohichni ta konstruktyvno-tekhnologichni aspekty rozrobky adaptovanykh korenezbyralnykh mashyn. Naukovyi zhurnal. Visnyk TNTU, 2 (74), 106–113.

4. Pogorelyj, L. V., Tat'yanko, M. V. (2004). Sveklouborochnye mashyny: istoriya, konstrukciya, teoriya, prognoz. К. : Feniks, 2004, 232.

5. Yatsenko, O. Ya. (2003). Tsykorii koreneplidnyi: Biolohiia, selektsiia, vyrobnytstvo i pererobka koreneplodiv: navchalnyi posibnyk. Uman: FITsB UAAN, 2003, 161.

6. Stelmakh, V. M. (1996). Vyvchennia osnovnykh rozmirnykh parametriv i fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk tsykoriuu korenevoho. Nauk.-tekh. biul. Khmelnytskoi derzh. silskohospodarskoi doslidnoi stantsii. К., 1996, 4, 72–80.

7. Kinakh, V. A., Borysiuk, V. O. (1994). Intensyfikatsiia vyrobnytstva tsykoriuu korenevoho – neobkhidna vymoha chasu. Zb. nauk. pr. ITsB UAAN. Kyiv, 1994, 127–130.

8. Tkach, O. V. (2004). Tsykorii ta osoblyvosti yoho vyroshchuvannia. Roslynnnytstvo, 2004, 3, 68–74.

9. Bronshtejn, I. N., Semendyaev, K. A. (1981). Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashhixsya vtuzov. М.: Nauka. Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury, 1981, 706.

10. KD 46.16.01.005-93 (1993). Vyprobuvannia silskohospodarskoi tekhniky. Osnovni polozhennia. К., 34.

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

ОБОСНОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРЬ КОРНЕПЛОДОВ ЦИКОРИЯ В ПРОЦЕССЕ ВЫКАПЫВАНИЯ

А. Ю. Скальский,
В. Н. Барановский

Аннотация. Одной из важнейших предпосылок разработки рабочих органов для выкапывания корнеплодов являются агробиологические и физико-механические свойства корнеплодов и почвенной среды. Они существенно корректируют механико-технологические явления, которые характерны для рабочих процессов сложной динамической системы «корнеплод-почвенная среда-рабочий орган». Показатель количества потерянных корнеплодов цикория при их выкапывания рабочими органами копателя, или потери корнеплодов, является одним из приоритетных показателей в общем контексте агротехнических требований к процессу уборки корнеплодов. Он регламентирует потери сырья и в конечном случае – экономическую рентабельность выращивания и переработки корнеплодов цикория. На основе аналитического анализа получено теоретические зависимости для определения коэффициента потерь корнеплодов цикория при их выкапывании в зависимости от характера излома подземной части. По результатам экспериментальных исследований разработаны уравнения регрессии, характеризующие изменение коэффициента потерь корнеплодов в зависимости от параметров процесса. Установлено, что

расхождение теоретических и экспериментальных значений коэффициента потерь корнеплодов цикория находится в пределах от 10 до 15%.

Ключевые слова: глубины залегания, объем, подземная часть, угол излома, комбинированный копатель, глубина хода, скорость движения.

JUSTIFICATION OF THE LOSS FACTOR OF ROOT VEGETABLES OF CHICORY IN THE PROCESS OF DIGGING OUT

A. Yu. Skalsky, V. N. Baranovsky

Annotation. One of the most important prerequisites for the development of working organs for digging up root crops is the agrobiological and physico-mechanical properties of root crops and the soil environment. They substantially correct the mechanical and technological phenomena that are characteristic for the working processes of the complex dynamic system "root crop-soil medium-working organ". The indicator of the number of lost chicory root crops when digging by the digger's working organs, or the loss of root crops, is one of the priority indicators in the general context of agrotechnical requirements for the process of harvesting root crops. It regulates the loss of raw materials and, in the final case, the economic profitability of cultivation and processing of root vegetables of chicory. On the basis of the analytical analysis, theoretical dependences were obtained for determining the loss factor of the root crops of chicory during their digging, depending on the nature of the fracture of the underground part.

Скальський О. Ю., Барановський В. М.

Based on the results of experimental studies, regression equations have been developed that characterize the change in the root crop loss coefficient as a function of process parameters. It is established that the discrepancy between the theoretical and experimental values of the chicory root crop loss coefficient is in the range of 10 to 15%.

Key words: *depth of occurrence, volume, underground part, angle of fracture, combined digger, depth of motion, speed of movement.*