

УДК 621.86

І.В. Фльонц

**МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ
ЗБИРАННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ**

Приведені результати експериментальних досліджень дальності польоту коренеплодів L, при їх викиданні на полотно коливними скребками, виведено рівняння регресії та побудовано поверхні відгуку її двомірні перерізи зміни пошкодження тіла коренеплодів від одночасної зміни двох факторів за відповідного постійного третього фактора.

Ключові слова: кут нахилу пруткового полотна, стендове оснащення, пруткові і скребкові транспортери.

Рис. 2. Форм. 10. Літ. 5.

И.В. Фльонц

**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ПРОЦЕССА УБОРКИ КОРЕНЕПЛОДОВ**

Приведены результаты экспериментальных исследований дальности полета коренеплодов L, при их выбрасывании на полотно колеблющимися скребками, выведено уравнение регрессии и построены поверхности отклика ее двухмерные сечения изменения поврежденной тела коренеплодов от одновременного изменения двух факторов при соответствующем постоянном третьем факторе.

Ключевые слова: угол наклона пруткового полотна, стендовое оснащение, прутковые и скребковые транспортеры.

I.V. Flonts

**METHODS AND RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF ROOT
GATHERING PROCESS**

Results of experimental research of roots cleaning quality and flight distance L, during it's throw-out on transporter by vibrational scrapers, were presented. Regression equation and the reviews surfaces and it's two-dimensional cross-sections of root damage changes from simultaneous changes in two factors corresponding constant for the third factor were selected.

Keywords: rods canvases angle, stand equipment, rods and scrapers conveyors.

Постановка проблеми Розробка сучасної бурякозбиральної техніки повинна бути направлена на підвищення її функціональних та експлуатаційних показників, що визначає технічний рівень коренезбиральних машин, розвиток і виробництво яких в останні роки ведеться надзвичайно повільно.

У зв'язку з цим розробка та обґрунтування раціональних параметрів поздовжніх транспортерів сепараторів з коливними скребкам та регульованою інтенсивністю очищення коренеплодів дозволить підвищити показники якості виконання технологічного процесу бурякозбиральними машинами, що в даний час є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питаннями теорії викопування коренеплодів присвячені праці ряду авторів [1-5]. Однак цілий ряд теоретичних питань досліджень дальності польоту коренеплодів, степені їх очищення та пошкодження потребують подальшого дослідження.

Мета роботи – розроблення методики і стендового оснащення для проведення якісної сепарації коренеплодів при мінімальному їх пошкодженні.

Реалізація роботи. Для визначення дальності польоту коренеплодів L, при їх викиданні на полотно коливними скребками використовували розроблений стенд, опис якого наведений у попередньому підрозділі.

Експериментальні дослідження проводили при різних положеннях коренеплодів на скребках (головкою вгору, вниз і паралельно до прутків), а також з різною масою цукрових буряків.

Також змінними параметрами були кут нахилу пруткового полотна транспортера до горизонту γ , а також кут відхилення групи скребків β від їх початкового положення.

Досліди для конкретних параметрів проводили у п'ятикратній повторюваності і відповідно точки, які вказані на графіках є їх середньостатистичними значеннями.

Експериментальні дослідження проводили наступним чином.

Попередньо, раму транспортера встановлювали під заданим кутом γ . Далі, на певний кут β повертали скребки з наступною їх фіксацією і розташовували коренеплід в заданому положенні.

Далі здійснюється різке виведення із зачеплення ролика з кулачком і під дією пружини скребки повертаються, що спричиняє викидання коренеплодів на прутки полотна.

Так, на рис.1 зображено графічні залежності дальності польоту коренеплодів L до їх повторної взаємодії з прутковим полотном від маси буряків m при розташуванні коренеплоду головкою вгору. З аналізу даних залежностей встановлено, що зростання маси коренеплодів у вищезазначених межах призводить до зменшення їх дальності польоту. Так для кута нахилу транспортера до горизонту $\gamma = 40^\circ$ збільшення маси коренеплоду від 0,92 до 1,96 кг призводить до зменшення L на 26% при $\beta = 15^\circ$; на 25% при $\beta = 20^\circ$; на 27% при $\beta = 30^\circ$.

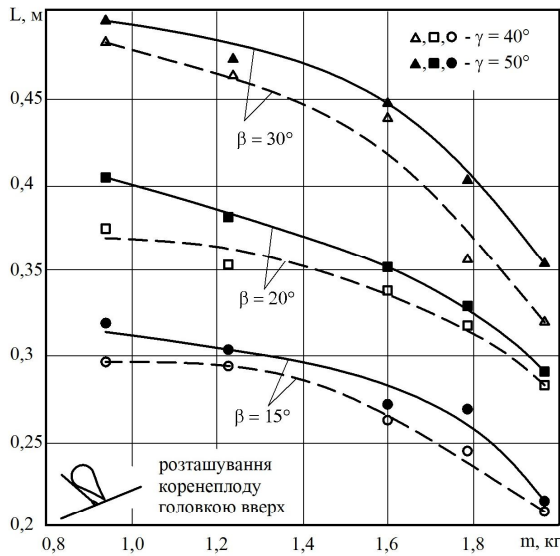


Рис. 1. Графічні залежності дальності польоту коренеплодів L до їх повторної взаємодії з прутковим полотном від маси буряків m при розташуванні коренеплоду головкою

відстані центра мас буряків відносно осі провертання скребків і відповідно зменшення абсолютної величини L . На рис.2 зображено графічні залежності дальності польоту коренеплодів L до їх повторної взаємодії з прутковим полотном від маси буряків m при розташуванні коренеплоду головкою вниз.

Їх аналіз показує, що в порівнянні з попередньо розглянутим випадком тенденція зміни L в загальному зберігається, однак її абсолютні значення суттєво менші ніж при розташуванні коренеплодів головкою вгору.

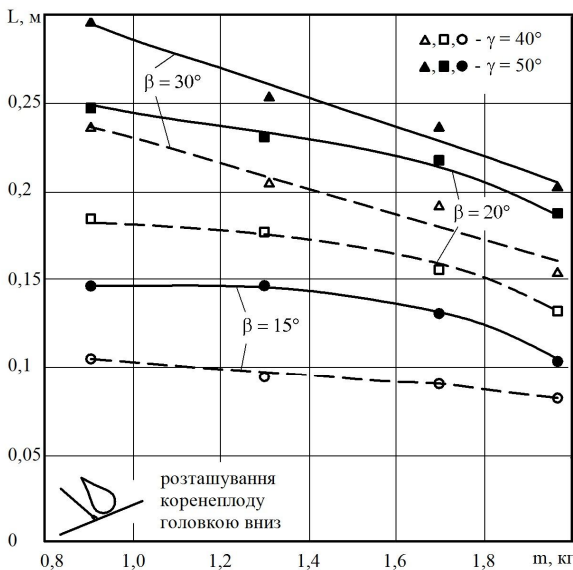


Рис. 2. Графічні залежності дальності польоту коренеплодів L до їх повторної взаємодії з прутковим полотном від маси буряків m при розташуванні коренеплоду головкою

вниз.

В той же час зростання кута нахилу транспортера від 40° до 50° призводить до збільшення абсолютної величини L на 7,4%...2,1% для вказаного діапазону зміни кута β .

Найбільш суттєвий вплив на дальність польоту коренеплодів L має кут відхилення скребків β від початкового положення. Так, зростання кута β від 15° до 30° для найменшої маси коренеплодів, які досліджували ($m = 0,92$ кг), призводить до збільшення абсолютної величини L в 1,55 рази. Для максимальної маси коренеплодів ($m = 1,96$ кг) зміна β у зазначеному діапазоні спричиняє зростання величини L в 1,65 рази.

Таким чином, з проведених досліджень встановлено, що найбільший вплив на дальність польоту коренеплодів має кут β , далі за інтенсивністю впливу є маса коренеплодів m і найменше на величину L впливає кут нахилу транспортера до горизонту γ .

Аналогічні дослідження проведені при розташуванні коренеплодів на скребках головкою вниз. Таке розташування спричиняє зменшення дальності польоту коренеплодів на 34% при $\beta = 30^\circ$; на 27,7% при $\beta = 20^\circ$; на 23,8% при $\beta = 30^\circ$.

В той же час зростання кута нахилу транспортера від 40° до 50° призводить до збільшення абсолютної величини L на 29,7%...18,6% для вказаного діапазону зміни кута β , що значно перевищує отримані значення в порівнянні з попередньо розглянутим випадком.

Збільшення кута β від 15° до 30° для найменшої маси коренеплодів, які досліджували ($m = 0,92$ кг), призводить до зростання абсолютної величини L в 2,19 рази. Для максимальної маси коренеплодів ($m = 1,96$ кг) зміна β у зазначеному діапазоні спричиняє зростання величини L в 1,95 рази. Аналіз результатів досліджень при розташуванні центральної осі коренеплоду паралельно до прутків полотна показав, що

отримані значення знаходяться в середині перших двох варіантів, а тому побудова графічних залежностей є не доцільною. При виборі раціональних параметрів транспортера-сепаратора необхідно враховувати найбільш несприятливий варіант розташування коренеплодів, при якому відбувається їх пошкодження внаслідок виникнення удару в задню поверхню наступної групи скребків.

Тому, при розрахунку параметрів робочих органів транспортера необхідно застосовувати результати досліджень для першого варіанту розташування коренеплодів, дальність польоту буряків для якого є максимальною.

Методика проведення експериментальних досліджень була наступною. Попередньо встановлювали раму із скребковим полотном під фіксованим кутом α до горизонту. Далі коренеплоди з налиплим ґрунтом сортували по масі, зважували і розташовували на поверхні скребків. Масу домішок ґрунту яка безпосередньо просипалась в процесі завантаження коренеплодів на скребки відбирали і окремо зважували. Таким чином, маса дослідної партії коренеплодів з налиплим ґрунтом, які підлягають сепарації, визначається з різниці початкової маси вороху коренеплодів і маси домішок ґрунту, яка просипалась на лотки в процесі завантаження коренеплодів на скребки. Процес доочищення імітували наступним чином. Підтиснуті пружинами скребки разом з коренеплодами повертали на певний кут β і відпускали. В результаті різкого повертання скребків коренеплоди викидалися на пруткове полотно. Відстань польоту коренеплодів від поверхні скребків до контакту з полотном фіксувалась за допомогою відеокамери, з наступною розкладовкою відеоінформації.

Внаслідок ударної взаємодії коренеплодів з прутками полотна та їх перекочування з ковзанням по поверхні прутків, відсепарований ґрунт просипався на лотки, ширина яких становила 10мм. Експериментальні дослідження для кожної партії коренеплодів проводились в п'ятикратній повторюваності. Відбір маси відсепарованого ґрунту здійснювали з кожного лотка з подальшим його зважуванням. Використання набору лотків дозволило встановити ступінь сепарації коренеплодів по мірі їх віддалення від робочих скребків.

При проведенні експериментальних досліджень маса відібраних коренеплодів з налиплим ґрунтом коливалась в межах від 1650 до 2900 грам.

Кут нахилу скребкового полотна транспортера до горизонту дискретно змінювали в межах від 40° до 50° , а кут відхилення скребків з коренеплодами від 15° до 25° .

Оскільки, в процесі експерименту, коренеплоди на поверхню скребків подавали у довільному порядку то відповідно їх розташування мало хаотичний характер. Тому, чітких закономірностей при встановленні дальності польоту коренеплодів не спостерігалось. В той же час, за результатами досліджень встановлено, що максимальний ступінь відділення налиплого ґрунту спостерігається при ударних взаємодіях коренеплодів з прутками полотна.

При проведенні експериментальних досліджень коренеплоди розташовували головкою вверх, оскільки в такому випадку дальність польоту та швидкість ударної взаємодії буряка з прутками полотна є максимальною.

Глибину пошкодження тіла коренеплодів визначали за допомогою штангельциркуля.

Для чистоти експерименту застосовували коренеплоди повністю звільнені від налиплого ґрунту, що дозволяло виявити максимальну глибину пошкодження тіла цукрових буряків від тих чи інших параметрів.

Дослідження проводились при одночасній зміні всіх факторів за планом багатофакторного експерименту ПФЕ-2³.

Функція відгуку знаходилась у вигляді неповного квадратного полінома:

$$Y = v_0 + v_1 x_1 + v_2 x_2 + v_3 x_3 + v_{12} x_1 x_2 + v_{13} x_1 x_3 + v_{23} x_2 x_3 + v_{123} x_1 x_2 x_3, \quad (1)$$

де x_i – кодові фактори, $i = 1, 2, 3$;

$v_0, v_1, v_2, v_3, v_{12}, v_{13}, v_{23}, v_{123}$ – коефіцієнти за відповідних значень x .

Зв'язок між кодovими та натуральними значеннями факторів встановлюється за залежністю:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2)$$

де x_i, X_i – відповідно кодове та натуральне значення i -го фактора;

X_{i0} – натуральне значення i -го фактора на основному рівні;

ΔX_i – інтервал варіювання i -го фактора.

В кожній i -тій точці визначаємо дисперсію S_u^2 :

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \sum_{i_n=1}^{m_0} (Y_{i_n} - \bar{Y}_u)^2, \quad (3)$$

де i_n – номер повторюваності;

Y_{i_n} – вихідний параметр при i_n повторюваності;

\bar{Y}_u – середнє значення вихідного параметра в кожному досліді.

Перевірка відтворюваності здійснюється за критерієм Кохрена, значення якого визначається з відношення максимальної дисперсії до суми дисперсій

$$G = S_{u \max}^2 / \sum_{u=1}^n S_u^2. \quad (4)$$

Результати отриманих даних у відсотковому вимірі та розрахунків внесено в таблицю 3.2.

За формулою (4) визначаємо: $G = 0,572/2,183 = 0,262$.

Табличне значення критерію Кохрена при $n=8$ і $f_u = m_0 - 1 = 4$ буде становити $G_T = 0,398$.

Оскільки $G_T > G$, то процес відтворюється.

Оскільки процес відтворюється, то коефіцієнти регресії визначаємо за такими залежностями:

$$\begin{cases} \theta_0 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n \bar{Y}_u; \\ \theta_i = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} \bar{Y}_u; \\ \theta_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} \bar{Y}_u, \end{cases} \quad (5)$$

де x_{iu} , x_{ju} – відповідно значення i -го та j -го кодіваних факторів в u -му досліді.

Значення коефіцієнтів регресії становлять:

$$\begin{aligned} \theta_0 &= 4,06; & \theta_1 &= 0,8; & \theta_2 &= 0,93; & \theta_3 &= 0,095; \\ \theta_{12} &= -0,01; & \theta_{13} &= 0,115; & \theta_{23} &= -0,245; & \theta_{123} &= 0,475. \end{aligned}$$

В такому випадку рівняння регресії має вигляд:

$$Y = 4,06 + 0,8x_1 + 0,93x_2 + 0,095x_3 - 0,01x_{12} + 0,115x_{13} - 0,245x_{23} + 0,475x_{123}.$$

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії здійснюється за допомогою критерію Стюдента.

Коефіцієнт вважається значущим, якщо виконується нерівність

$$|\theta_a| \geq \Delta \theta_a = t(0,05; f_y) \frac{S_y}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

де θ_a – коефіцієнти $\theta_0, \theta_i, \theta_{ij}$ у формулах (3.8);

$\Delta \theta_a$ – довірча границя;

$t(0,05; f_y)$ – критерій Стюдента при 5% рівні значущості та числі ступенів вільності

дисперсії відтворюваності $f_y = n(m_0 - 1)$.

Рівень значущості дорівнює $1 - \alpha$, де α – довірча ймовірність. Оскільки при 5%-му рівні значущості $\alpha = 0,05$, а $f_y = 8(5 - 1)$, то табличне значення $t = 2,0$. Дисперсія досліді стосовно

пошкоджень коренеплодів рівна $S_y^2 = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n S_u^2 = 0,273$. Довірча границя

рівна: $\Delta \theta_a = 2,0 \sqrt{0,273} / \sqrt{8} = 0,369$.

В рівняннях регресії коефіцієнтами, які менші довірчої границі нехтуємо. Такими коефіцієнтами в рівнянні регресії є x_3, x_{12}, x_{13} і x_{23} .

Таким чином, рівняння регресії, яке визначає пошкодження тіла коренеплодів має вигляд:

$$Y = 4,06 + 0,8x_1 + 0,93x_2 + 0,475x_{123}. \quad (7)$$

Перевірку адекватності проводимо за критерієм Фішера. Адекватність має місце, коли виконується нерівність:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y), \quad (8)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

$F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – критерій Фішера при 5%-му рівні значущості;

f_{ad} – число ступенів вільності ($f_{ad} = n - k - 1 = 8 - 3 - 1 = 4$);

k – число факторів у досліді.

Дисперсія адекватності стосовно пошкоджень коренеплодів визначається

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \sum_{u=1}^n (Y_T - Y_u)^2 = 0,164, \quad (9)$$

де Y_T – розрахункове значення відгуку в і-му досліді, яке визначається за формулою (8). Тоді

$$F = \frac{0,164}{0,273} = 0,6 < F_T = 2,67.$$

Отже, рівняння регресії (3.10) адекватно відтворює результати експерименту.

Відповідно в натуральних координатах рівняння регресії прийме вигляд

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i \left(\frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X} \right);$$

$$Y = 4,06 + 0,8 \left(\frac{m - 1,2}{0,4} \right) - 0,93 \left(\frac{\beta - 25}{10} \right) + 0,475 \left(\frac{m - 1,2}{0,4} \right) \left(\frac{\beta - 25}{10} \right) \left(\frac{\gamma - 40}{10} \right).$$

Після проведення перетворень рівняння регресії в натуральних координатах набуде вигляду

$$\Pi = -3,88 + 4,679m + 0,2216\beta + 0,08\gamma - 0,067m\gamma - 0,0032\beta\gamma - 0,107m\beta + 0,0027m\beta\gamma. \quad (10)$$

Таким чином, застосовуючи рівняння регресії 3.13 можна визначити ступінь пошкодження тіла коренеплодів цукрових буряків, про їх доочищенні на прутковому транспортері-сепараторі з коливними скребками у вказаному діапазоні зміни параметрів m , β і γ .

На рис.3 зображено поверхні відгуку та її двомірні перерізи зміни пошкоджень тіла коренеплодів від одночасної зміни двох факторів за відповідного постійного третього фактора.

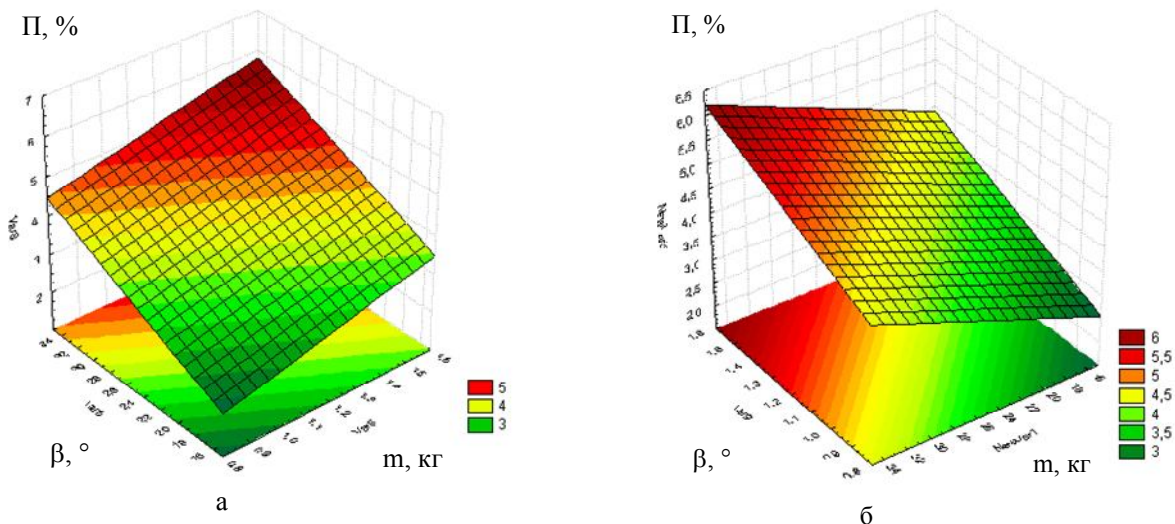


Рис. 3. Поверхня відгуку та її двомірний переріз залежності $\Pi = f(m, \beta)$: а – при $\gamma = 30^\circ$; б – при $\gamma = 50^\circ$

З проведеного аналізу, можна встановити, що максимальний вплив на ступінь пошкодження коренеплодів має кут відхилення групи скребків (β), далі маса коренеплодів цукрових буряків (m) і найменше впливає кут нахилу пруткового полотна до горизонту (γ).

Висновки. Приведені результати експериментальних досліджень дальності польоту коренеплодів L , при їх викиданні на полотно коливними скребками, виведено рівняння регресії та

побудовано поверхні відгуку її двомірні перерізи зміни пошкоджень тіла коренеплодів від одночасної зміни двох факторів за відповідного постійного третього фактора.

1. Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів: Автореф. дис.д-ра техн. наук: 05.05.11, 2006. – 40 с.
2. Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И. и др. Теория, конструкция и расчет сельхозмашин. – М.: Машиностроение, 1978. – 567 с.
3. Булгаков В.М., Лінник М.К., Гурченко О.П. Розрахунок основних параметрів технологічного процесу збирання буряків // Збірник наукових праць Національного аграрного університету. “Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин”. Том 6.- Київ: НАУ. – 2000. – С. 219-224.
4. Гевко Б.М. Научные основы разработки винтовых транспортирующих механизмов сельскохозяйственных машин: Автореф. дис....д-ра техн. наук: 05.20.04.- Ростов-на-Дону: РИСМ. – 1987. – 40 с.
5. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Фльонц І.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів транспортера-сепаратора для коренеплодів// Вісник Тернопільського державного технічного університету. – Тернопіль: ТДТУ, 2010. – №1. – С. 94-101.

Стаття надійшла до редакції 20.09.2013.