



УДК 631.331.5

DOI: 10.37128/2520-6168-2024-1-8

**РЕЗУЛЬТАТИ АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗАСПОКОЮВАЧА НАСІННЯ
УДОСКОНАЛЕНОЇ ВИСІВНОЇ СЕКЦІЇ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ**

АЛІСВ Ельчин Бахтияр огли, д.т.н., старший дослідник, професор
БЕЗВЕРХНІЙ Петро Євгенович, здобувач третього освітньо-наукового рівня
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
АЛІСВА Ольга Юрївна, Ph.D., науковий співробітник
Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України

Elchyn ALIYEV, Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor
Petro BEZVERKHNIY, Recipient of the Third Educational and Scientific Level
Dnipro State Agrarian and Economic University
Olha ALIYEVA, Doctor of Philosophy, Researcher
Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

Згідно попередніх досліджень головним чинником, який впливає на точність висіву пневматичною сівалкою, є процес переміщення насіння від дозуючого пристрою до місця безпосереднього його потрапляння до борозенки, формованої сошником у ґрунті. Перший фактор пов'язаний з високою швидкістю повітряного потоку, що збільшує ризик вильоту насіння з висівного башмака та його попадання за межі борозенки. Цю проблему можна вирішити за допомогою встановлення сповільнювача насіння над висівним башмаком. Другий фактор полягає в недосконалій формі насінневого каналу висівного башмака. Розробники сівалок, спрямовуючись на створення «ідеального» посівного ложа в орному шарі ґрунту, часто недооцінюють важливість форми насінневого каналу. У зв'язку з тим, що сучасні пневматичні сівалки рухаються з високими швидкостями (1,5–4,2 м/с) і постійно коливаються, насіння, що перебуває в насінневому каналі висівного башмака, постійно зіштовхується з його стінками, що призводить до зміни напрямку та швидкості руху. Цей хаотичний рух насіння призводить до погіршення точності висіву. Третій фактор – це повна відсутність або невірне встановлення сповільнювача насіння, який повинен запобігати вильоту насіння з дна борозенки.

В результаті аналітичних досліджень розглянуто кінематику руху насінини після її вильоту з висівного башмака та відбиття від дна борозенки і заспокоювача насіння. Отримані залежності максимальної висоти параболічної траєкторії руху насіння u_z , різниці Δx відстані між точками відбиття від поверхні ґрунту і відстані, яку проходить при цьому сівалка, від початкової швидкості руху насінини V_{p0} , кута їх вильоту α , висоти розміщення сповільнювача H_u і кута його нахилу β . Виконуючи умови $u_z < H_u$ і $\Delta x \rightarrow \min$ для отриманих залежностей в Wolfram Cloud отримані наступні раціональні параметри: $\alpha = 47^\circ$; $\beta = 0^\circ$; $H_u < 0,134$ м. Для забезпечення постійного потрапляння насінин до середини дна борозенки після відбиття їх від сповільнювача при невеликому відхиленні траєкторії ($\pm 0,01$ м), форма профіля його робочої поверхні повинна бути параболічною із фокусом в точці $r_f = 0,134$ м.

Ключові слова: насіння, точний висів, пневматична сівалка, висівний башмак, заспокоювач насіння, кінематика руху насіння, параметри, форма.

Ф. 15. Рис. 4. Літ. 16.

1. Постановка проблеми

Принципова відмінність мінімального (Mini-Till) або нульового (No-Till) обробітків ґрунту від традиційного полягає в тому, що поверхня ґрунту не підлягає оранці, а посівні роботи проводяться на ґрунті, вкритому залишками [1]. Довгостроковий моніторинг даних підтверджує, що позитивний ефект мають операції з мінімальним або нульовим обробітком ґрунту, які можуть ефективно зменшити його ерозію вітром та водою, покращити склад ґрунтових мікробних спільнот та здатність ґрунту фіксувати азот та вуглець [2–4]. Однак, на ділянках, де впроваджуються технології Mini-Till або No-Till, через високу нерівність поверхні та велику кількість солом'яних залишків, необхідно використовувати спеціалізовані посівні машини, що здатні забезпечити високу точність висіву. На сьогодні передовими



виробниками таких машин, які знайшли широке застосування в Україні, є Caseih [5], John Deere [6] і Maschio [7]. Їх конструктивні особливості впливають із фізико-механічних властивостей ґрунтів для яких вони призначені. Так, сівалки John Deere 90 Series призначені більше для піщаних ґрунтів, які є достатньо м'якими [8]. Тому висока швидкість насіння, яку вони отримують під час руху по насіннепроводу з швидким потоком повітря (до 20 м/с), не призводить до їх травмування і вильоту з борозенки під час посіву. Протилежна ситуація спостерігається при використанні сівалок John Deere 90 Series на чорноземних ґрунтах України [9]. Проблема травмування і вильоту насіння з борозенки під час посіву призводить до зменшення урожайності і відповідно до зниження прибутку.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Згідно попередніх досліджень [10, 11] головним чинником, який впливає на точність висіву пневматичною сівалкою, є процес переміщення насіння від дозуючого пристрою до місця безпосереднього його потрапляння до борозенки, сформованої сошником у ґрунті. Розглянемо основні фактори, що чинять негативний вплив на процес висіву.

Перший фактор пов'язаний з високою швидкістю повітряного потоку, що збільшує ризик вильоту насіння з висівного башмака та його попадання за межі борозенки. Цю проблему можна вирішити за допомогою встановлення сповільнювача насіння над висівним башмаком [12]. Другий фактор полягає в недосконалій формі насінневого каналу висівного башмака. Розробники сівалок, націлені на створення «ідеального» посівного ложа в орному шарі ґрунту, часто недооцінюють важливість форми насінневого каналу. У зв'язку з тим, що сучасні пневматичні сівалки рухаються з високими швидкостями (1,5–4,2 м/с) і постійно коливаються, насіння, що перебуває в насінневому каналі висівного башмака, постійно зіштовхується з його стінками, що призводить до зміни напрямку та швидкості руху [13]. Цей хаотичний рух насіння погіршує точність висіву. Третій фактор – це повна відсутність або невірно встановлений сповільнювач насіння, який повинен запобігати вильоту насіння з дна борозенки.

Так як перші два фактори негативного впливу на процес висіву вирішувалися у попередніх дослідженнях [10–13], то обґрунтуємо форму і місце розташування сповільнювача насіння на удосконаленій висівній секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series.

3. Мета та завдання дослідження

Провести аналітичні дослідження кінематики руху насіння після вильоту її з висівного башмака, відбиття від дна борозенки та заспокоювача насіння і обґрунтування конструктивних параметрів останнього у складі висівної секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series.

4. Виклад основного матеріалу

Заспокоювач насіння виконує функцію обмежувача руху насіння після його відбиття від дна борозенки. Для обґрунтування форми зазначеного заспокоювача розглянемо кінематику руху насіння після вильоту з висівного башмака. Складемо розрахункову схему (рис. 1) і приймемо наступні припущення і спрощення:

- насінина представляється у вигляді матеріальної точки;
- розглядається плоска задача;
- опір повітря на насінину не діє;
- в результаті відскоку насіння від поверхні, її швидкість зменшується на коефіцієнт відновлення [14].

Розіб'ємо траєкторію руху насіння на декілька ділянок:

- 01 – виліт з висівного башмака, характеризується початковою швидкістю руху насіння \overline{V}_{p0} , кутом вильоту α і координатами початкового розміщення x_0, y_0 ;
- 12 – відбиття насіння від дна борозенки, характеризується коефіцієнтом відновлення для ґрунту k_s і горизонтальною відносною швидкістю руху поверхні ґрунту \overline{V}_s ;
- 23 – відбиття насіння від заспокоювача насіння, характеризується коефіцієнтом відновлення для матеріалу заспокоювача k_u , висотою його розміщення H_u і кутом нахилу β ;
- 34 – повторне відбиття насіння від дна борозенки, характеризується коефіцієнтом відновлення швидкості для ґрунту k_s і горизонтальною відносною швидкістю руху поверхні \overline{V}_s .

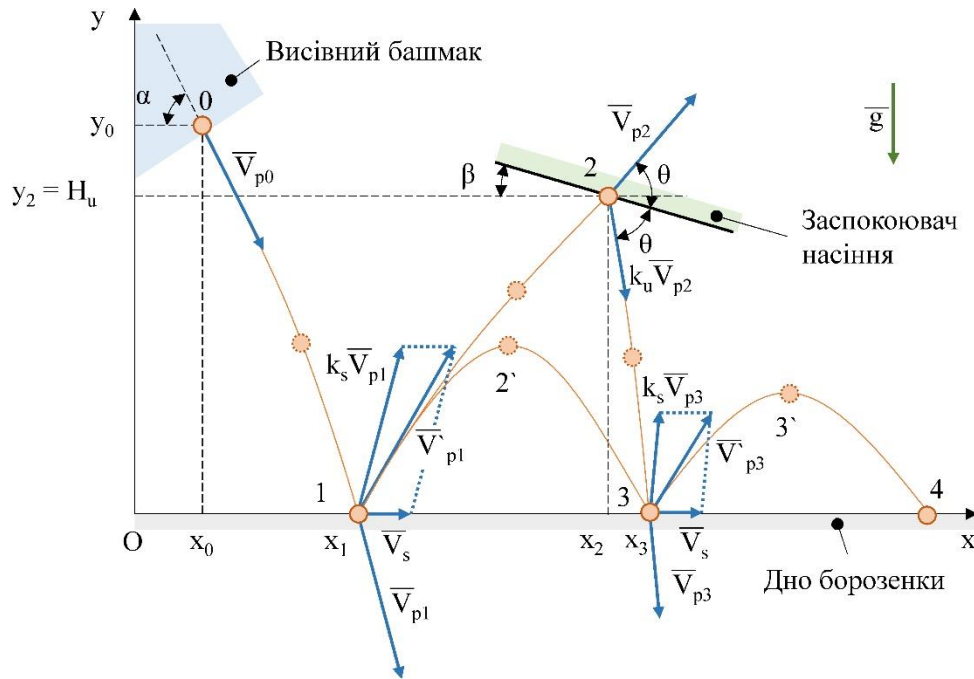


Рис. 1. Розрахункова схема руху насіння після вильоту з висівного башмака висівної секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series

Спираючись на загальноприйняті положення кінематики [15–16] розглянемо кінематичні рівняння руху насінини для кожної зазначеної вище ділянки.

Для ділянки 01:

$$\begin{cases} x_1(t_{01}) = x_0 + V_{p0} \cos \alpha t_{01}, \\ y_1(t_{01}) = y_0 - V_{p0} \sin \alpha t_{01} - gt_{01}^2/2, \\ V_{p1x}(t_{01}) = V_{p0} \cos \alpha, \\ V_{p1y}(t_{01}) = -V_{p0} \sin \alpha - gt_{01}. \end{cases} \quad (1)$$

де x_1, y_1 – поточні значення координат насіння на ділянці 01, м; x_0, y_0 – початкові значення координат насіння на ділянці 01, м; V_{p0} – початкова швидкість вильоту насінини на ділянці 01, м/с; α – початковий кут вильоту насінини на ділянці 01, м/с; t_{01} – поточний час на ділянці 01, с; V_{p1x}, V_{p1y} – поточні значення проєкцій швидкостей руху насіння на ділянці 01, м/с; g – прискорення вільного падіння, м/с².

В точці 2 відбувається відбиття насіння від дна борозенки та зміна швидкості з урахуванням відносної швидкості переміщення поверхні і коефіцієнта відновлення:

$$\begin{cases} V'_{p1x}(t_1) = k_s V_{p1x}(t_1) + V_s, \\ V'_{p1y}(t_1) = -k_s V_{p1y}(t_1). \end{cases} \quad (2)$$

де V'_{p1x}, V'_{p1y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння в точці 1 після відбиття, м/с; V_{p1x}, V_{p1y} – значення проєкцій швидкостей руху насіння в точці 1 до відбиття, м/с; t_1 – час знаходження насіння в точці 1, с; V_s – горизонтальна відносна швидкість руху поверхні, м/с; k_s – коефіцієнт відновлення швидкості насіння при ударі об поверхню ґрунту.

Час знаходження насіння в точці 1 можна визначити з умови $y_1(t_1) = 0, t_1 > 0$:

$$t_1 = \frac{-V_{p0} \sin \alpha + \sqrt{(V_{p0} \sin \alpha)^2 + 2gy_0}}{g}. \quad (3)$$

Для ділянки 12:



$$\begin{cases} x_2(t_{12}) = x_1(t_1) + V'_{p1x} t_{12}, \\ y_2(t_{12}) = y_1(t_1) + V'_{p1y} t_{12} - gt_{12}^2/2, \\ V_{p2x}(t_{12}) = V'_{p1x}, \\ V_{p2y}(t_{12}) = V'_{p1y} - gt_{12}. \end{cases} \quad (4)$$

де x_2, y_2 – поточні значення координат насіння на ділянці 12, м; t_{12} – поточний час на ділянці 12, с; V_{p2x}, V_{p2y} – поточні значення проекцій швидкостей руху насіння на ділянці 12, м/с.

Якщо швидкість руху насіння достатньо висока, то в точці 2 відбувається відбиття насіння від поверхні сповільнювача і зміна швидкості з урахуванням коефіцієнта відновлення. Вирішуючи геометричну задачу за рис. 1 маємо:

$$\begin{cases} V'_{p2x}(t_2) = k_u \sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)} \cos \left(2\beta + \arccos \frac{V_{p2x}(t_2)}{\sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)}} \right), \\ V'_{p2y}(t_2) = -k_u \sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)} \sin \left(2\beta + \arccos \frac{V_{p2x}(t_2)}{\sqrt{V_{p2x}^2(t_2) + V_{p2y}^2(t_2)}} \right). \end{cases} \quad (5)$$

де V_{p2x}, V_{p2y} – значення проекцій швидкостей руху насіння в точці 2 після відбиття, м/с; V_{p2x}, V_{p2y} – значення проекцій швидкостей руху насіння в точці 2 до відбиття, м/с; t_2 – час знаходження насіння в точці 2, с; k_u – коефіцієнт відновлення швидкості насіння при ударі об поверхню сповільнювача.

Час знаходження насіння в точці 2 можна визначити з умови $y_2(t_2) = H_u, t_2 > 0$:

$$t_2 = \frac{V'_{p1y} + \sqrt{(V'_{p1y})^2 + 2g(y_1(t_1) - H_u)}}{g}. \quad (6)$$

Для ділянки 23:

$$\begin{cases} x_3(t_{23}) = x_2(t_2) + V'_{p2x} t_{23}, \\ y_3(t_{23}) = y_2(t_2) + V'_{p2y} t_{23} - gt_{23}^2/2, \\ V_{p3x}(t_{23}) = V'_{p2x}, \\ V_{p3y}(t_{23}) = V'_{p2y} - gt_{23}. \end{cases} \quad (7)$$

де x_3, y_3 – поточні значення координат насіння на ділянці 23, м; t_{23} – поточний час на ділянці 23, с; V_{p3x}, V_{p3y} – поточні значення проекцій швидкостей руху насіння на ділянці 23, м/с.

В точці 3 відбувається відбиття насіння від дна борозенки та зміна швидкості з урахуванням відносної швидкості переміщення поверхні і коефіцієнта відновлення:

$$\begin{cases} V'_{p3x}(t_3) = k_s V_{p3x}(t_3) + V_s, \\ V'_{p3y}(t_3) = -k_s V_{p3y}(t_3). \end{cases} \quad (8)$$

де V_{p3x}, V_{p3y} – значення проекцій швидкостей руху насіння в точці 3 після відбиття, м/с; V_{p3x}, V_{p3y} – значення проекцій швидкостей руху насіння в точці 3 до відбиття, м/с; t_3 – час знаходження насіння в точці 3, с.

Час знаходження насіння в точці 3 можна визначити з умови $y_3(t_3) = 0, t_3 > 0$:

$$t_3 = \frac{V'_{p2y} + \sqrt{(V'_{p2y})^2 + 2gy_2(t_2)}}{g}. \quad (9)$$

Якщо швидкість руху насіння достатньо низька, то вона не досягає сповільнювача, а летить по параболічній траєкторії до дна борозенки в точку 3. Тоді час знаходження насіння в точці 3 можна визначити з умови $y_2(t_3) = 0, t_3 > 0$:

$$t_3 = \frac{V'_{p1y} + \sqrt{(V'_{p1y})^2 + 2gy_1}}{g}. \quad (10)$$



Для ділянки 34:

$$\begin{cases} x_4(t_{34}) = x_3(t_3) + V'_{p3x} t_{34}, \\ y_4(t_{34}) = y_3(t_3) + V'_{p3y} t_{34} - gt_{34}^2/2, \\ V_{p4x}(t_{34}) = V'_{p3x}, \\ V_{p4y}(t_{34}) = V'_{p3y} - gt_{34}. \end{cases} \quad (11)$$

де x_4, y_4 – поточні значення координат насіння на ділянці 34, м; t_{34} – поточний час на ділянці 34, с; V_{p4x}, V_{p4y} – поточні значення проекцій швидкостей руху насіння на ділянці 34, м/с.

Насінина летить по параболічній траєкторії до дна борозенки в точку 4. Тоді час знаходження насіння в точці 4 можна визначити з умови $y_4(t_4) = 0, t_4 > 0$:

$$t_4 = \frac{V'_{p3y} + \sqrt{(V'_{p3y})^2 + 2gy_3(t_3)}}{g}. \quad (12)$$

Сумісне рішення рівнянь (1)–(12) в програмному пакеті Wolfram Cloud дає змогу отримати траєкторії руху насінини від висівного башмака до дна борозенки (рис. 2).

Для цього були прийняті наступні параметри: $g = 9,81 \text{ м/с}^2, k_s = 0,3, k_u = 0,6, x_0 = 0-0,02 \text{ м}, y_0 = 0,15-0,17 \text{ м}, V_s = 1 \text{ м/с}$. Інші параметри варіювалися в зазначених межах: $V_{p0} = 4-20 \text{ м/с}, \alpha = 5-60^\circ, H_u = 0,02-0,20 \text{ м}, \beta = 0-18^\circ$.

Аналіз рис. 2 показує, що при певних значеннях змінних параметрів параболічна траєкторія 34 (рис. 1) має вершину нижче, ніж висота розміщення сповільнювача H_u . Ці значення параметрів і є раціональними, так як забезпечується умова не вильоту насіння з дна борозенки, тобто:

$$y_3 < H_u \quad (13)$$

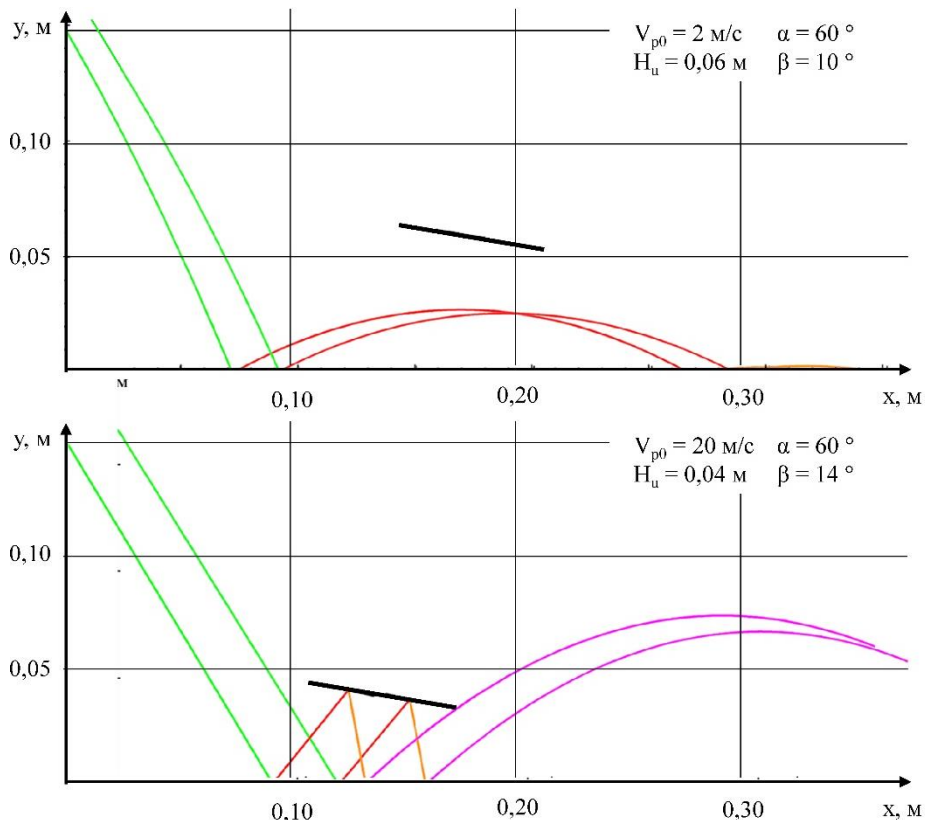


Рис. 2. Результати розрахунку траєкторії польоту насіння після вильоту з висівного башмака висівної секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series

Ще однією умовою є забезпечення точності висіву, яку можна досягти якщо: різниця відстані між точками 1–4 і добуток швидкості переміщення сівалки на час, за який насіння потрапляє з точки 1 до точки 4, повинна бути найменшою. Тобто:



$$\Delta x = x_4(t_4) - x_1(t_1) - V_s(t_1 + t_2 + t_3 + t_4) \rightarrow \min. \quad (14)$$

Для визначення раціональних значень параметрів V_{p0} , α , H_u , β при яких виконуються умови (13) і (14) проведемо їх варіювання в програмному пакеті Wolfram Cloud.

В результаті отримані графіки залежностей y_3 і Δx від V_{p0} , α , H_u , β , які наведені на рис. 3.

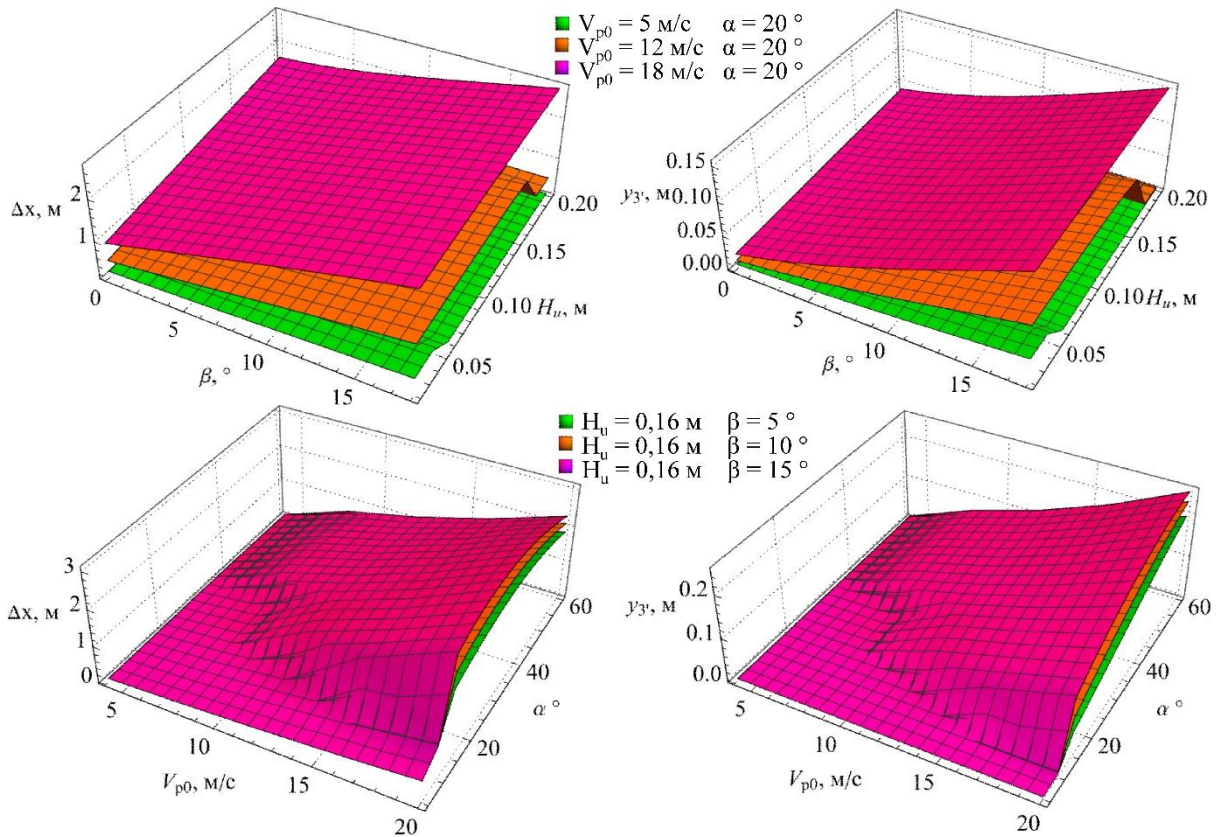


Рис. 3. Залежності висоти параболічної траєкторії y_3 і різниці відстані Δx від параметрів V_{p0} , α , H_u , β

Аналізуючи рис. 3 наочно видно, що із збільшенням кута нахилу β і висоти розміщення H_u сповільнювача збільшується висота параболічної траєкторії насіння після відскоку від дна борозенки y_3 та відстань Δx , що призводить до зниження точності висіву і підвищує ймовірність вильоту насіння за межі висівного ложе. Подібна ситуація спостерігається і для початкової швидкості руху насіння V_{p0} і кута їх вильоту з висівного башмака α .

Виконуючи умови (13) і (14), для отриманих залежностей рис. 3 в Wolfram Cloud маємо наступні раціональні параметри за умови високих швидкостей (потрапляння насіння до сповільнювача): кути нахилу $\alpha = 47^\circ$, $\beta = 0^\circ$, висота розміщення сповільнювача повинна бути не вище $H_u < 0,134$ м. Так як сповільнювач насіння кріпиться до висівного башмака, то початковий кут його нахилу складає $\alpha = 47^\circ$, а кінцевий $\beta = 0^\circ$. Враховуючи рис. 4, приймаємо довжину сповільнювача – 150 мм.

Поперечний профіль сповільнювача повинен забезпечувати відбиття насіння, які потрапили на нього при невеликому відхиленні їх траєкторії ($\pm 0,01$ м). Цього можна досягти використовуючи в якості форми профіля сповільнювача параболу із фокусом $p_f = 0,134$ м:

$$y = -\frac{z^2}{4p_f}, \quad (15)$$

де z – поперечна координата, м.

Враховуючи вище зазначені розрахунки, форму робочої поверхні сповільнювача можна представити у тривимірному вигляді, як показано на рис. 4. На рисунку жовтими стрілками відмічено рух насіння і відбиття їх від параболічної поверхні. Згідно геометричних властивостей параболи насіння повинна змінити свою траєкторію руху і перетнути визначений фокус. Тобто потрапити у середину дна борозенки.

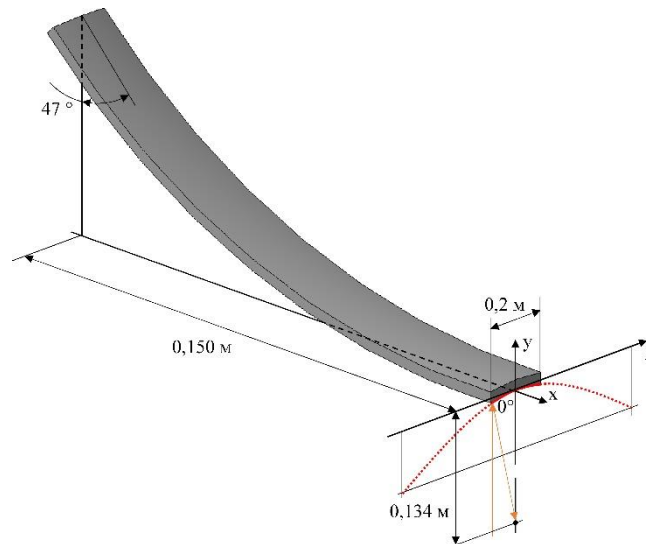


Рис. 4. Розрахована тривимірна модель робочої поверхні сповільнювача насіння

5. Висновки

В результаті аналітичних досліджень розглянуто кінематику руху насінини після вильоту її з висівного башмака, відбиття від дна борозенки і заспокоювача насіння. Отримані залежності максимальної висоти параболічної траєкторії руху насіння u_z , різниці відстані між точками відбиття від поверхні ґрунту і відстані, яку проходить при цьому сівалка Δx від початкової швидкості руху насінини V_{p0} , кута їх вильоту α , висоти розміщення сповільнювача H_u і кута його нахилу β . Виконуючи умови $u_z < H_u$ і $\Delta x \rightarrow \min$ для отриманих залежностей в Wolfram Cloud отримані наступні раціональні параметри: $\alpha = 47^\circ$, $\beta = 0^\circ$, $H_u < 0,134$ м. Для забезпечення постійного потрапляння насінин до середини дна борозенки після відбиття їх від сповільнювача при невеликому відхиленні траєкторії ($\pm 0,01$ м), форма профілю його робочої поверхні повинна бути параболічною із фокусом в точці $r_f = 0,134$ м.

Так як приведені аналітичні дослідження мали ряд припущень і спрощень, для первинної оцінки форми робочої поверхні сповільнювача насіння, то в подальшому проведемо чисельне моделювання процесу функціонування всієї удосконаленої секції пневматичної сівалки John Deere 90 Series в програмному пакеті Simcenter STAR-CCM+.

Список використаних джерел

1. Jiang S., Wang Q., Zhong G., Tong Z., Wang X., Xu J. (). Brief Review of Minimum or No-Till Seeders in China. *AgriEngineering*. 2021. Vol. 3. P. 605–621. DOI: 10.3390/agriengineering3030039.
2. Wang W., Hou Y., Pan W., Vinay N., Wen X. Continuous application of conservation tillage affects in situ N_2O emissions and nitrogen cycling gene abundances following nitrogen fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*. 2021. Vol. 157. P. 108239. DOI: 10.1016/j.soilbio.2021.108239
3. Kan Z. R., Liu Q. Y., Virk A. L., He C., Zhang H. L. Effects of experiment duration on carbon mineralization and accumulation under no-till. *Soil Tillage Res*, 2021. Vol. 209. P. 104939. DOI: 10.1016/j.still.2021.104939
4. Zhang S., Chang L., McLaughlin N.B., Cui S., Wu H., Wu D., Liang W., Liang A. Complex soil food web enhances the association between N mineralization and soybean yield – A model study from long-term application of a conservation tillage system in a black soil of Northeast China. *Soil*. 2021. Vol. 7. P. 71–82. DOI: 10.5194/soil-7-71-2021
5. Caseih Agricultural Machine. Available online: <https://www.caseih.com/> (accessed on 08.04.2024).
6. John Deere US. Available online: <https://www.deere.com/> (accessed on 08.04.2024).
7. Maschio Gaspardo. Available online: <https://www.maschio.com/> (accessed on 08.04.2024).
8. Ray R. Weil, Nyle C. Brady (2016). *Nature and Properties of Soils*, The 15th Edition. Publisher «Pearson». 1104 p. ISBN-13: 978-0-13-325448-8
9. Купчик В., Іваніна В., Нестеров Г., Тонха О., Лі М., Метьюз Г. Ґрунти України. Властивості, генезис, менеджмент родючості. Видавництво «Кондор», 2016. 414 с. ISBN: 978-966-351-103-0
10. Needham Ag Technologies. Product Guide. 2022. 88 p. https://store.needhamag.com/wp-content/uploads/Needham_Ag_2022_Product_Guide.pdf



11. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. Дослідження чинників погіршення точності висіву пневматичними сівалками. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2023, № 2 (121). 51–61. DOI: 10.37128/2520-6168-2023-2-6
12. Алієв Е. Б., Безверхній П. Є. Чисельне моделювання сповільнювача насіння пневматичної сівалки точного висіву. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: ЦНТУ, Кропивницький, 2022. № 52, С. 86–98. DOI: 10.32515/2414-3820.2022.52.86-98.
13. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами. Начальний посібник. ЦНТУ. Кропивницький, 2022. 220 с.
14. Богомолів О. О. Обґрунтування раціональних параметрів енергозберігаючого обладнання для сепарації насіння ріпаку: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Харків, 2020. 210 с
15. Палехін В. П. Курс фізики: підручник. Х.: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2013. 516 с. ISBN 978-966-623-936-8
16. Чолпан П. П. Фізика: підручник. К.: Вища школа, 2004. 567 с. ISBN 966-642-249-2.

References

- [1] Jiang, S., Wang, Q., Zhong, G., Tong, Z., Wang, X., & Xu, J. (2021). Brief Review of Minimum or No-Till Seeders in China. *AgriEngineering*, 3, 605–621. <https://doi.org/10.3390/agriengineering3030039>. [in English].
- [2] Wang, W., Hou, Y., Pan, W., Vinay, N., & Wen, X. (2021). Continuous application of conservation tillage affects in situ N₂O emissions and nitrogen cycling gene abundances following nitrogen fertilization. *Soil Biology and Biochemistry*, 157, 108239. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108239>. [in English].
- [3] Kan, Z. R., Liu, Q. Y., Virk, A. L., He, C., & Zhang, H. L. (2021). Effects of experiment duration on carbon mineralization and accumulation under no-till. *Soil and Tillage Research*, 209, 104939. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.104939>. [in English].
- [4] Zhang, S., Chang, L., McLaughlin, N. B., Cui, S., Wu, H., Wu, D., Liang, W., & Liang, A. (2021). Complex soil food web enhances the association between N mineralization and soybean yield – A model study from long-term application of a conservation tillage system in a black soil of Northeast China. *Soil*, 7, 71–82. <https://doi.org/10.5194/soil-7-71-2021>. [in English].
- [5] Caseih Agricultural Machine. URL: <https://www.caseih.com/> (accessed on 08.04.2024). [in English].
- [6] John Deere US. URL: <https://www.deere.com/> (accessed on 08.04.2024). [in English].
- [7] Maschio Gaspardo. URL: <https://www.maschio.com/> (accessed on 08.04.2024). [in English].
- [8] Ray, R. Weil, Nyle, C. Brady (2016). *Nature and Properties of Soils, The 15th Edition*. Publisher «Pearson». 1104 p. ISBN-13: 978-0-13-325448-8. [in English].
- [9] Kupchik V., Ivanina, V., Nesterov, H., Tonkha, O., Li M., Met'yuz, H. (2016). *Hrunty Ukrainy. Vlastyvoli, henezys, menezhment rodyuchosti [Soils of Ukraine. Properties, genesis, fertility management]*. Vydavnytstvo «Kondor». ISBN: 978-966-351-103-0. [in Ukrainian].
- [10] Needham Ag Technologies (2022). Product Guide. 88 p. https://store.needhamag.com/wp-content/uploads/Needham_Ag_2022_Product_Guide.pdf
- [11] Aliiev, E.B., Bezverkhniy, P.E. (2023). Doslidzhennya chynnykiv pohirshennya tochnosti vysivu pnevmatychnymy sivalkami [Study of the factors of deterioration of sowing accuracy with pneumatic seed drills]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2 (121), 51–61. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-2-6>. [in Ukrainian].
- [12] Aliiev, E.B., Bezverkhniy, P.E. (2022). Numerical modeling of the seed retarder of a precision seeding pneumatic planter. *Design, production and operation of agricultural machines*, 52, 86–98. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.86-98>. [in Ukrainian].
- [13] Salo, V., Leshchenko, S., Luzan, P., Salo, L. (2022). *Mashyny dlya sivby, sadinnya ta dohlyadu za posivamy [Machines for sowing, planting and caring for crops]*. Nachal'nyy posibnyk. TSNTU. Kropyvnyts'kyu. [in Ukrainian].
- [14] Bohomolov, O. O. (2020). Obgruntuvannya ratsional'nykh parametriv enerhozberihayuchoho obladdnannya dlya separatsiyi nasinnya ripaku: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.11 [Justification of rational parameters of energy-saving equipment for rape seed separation: thesis. ... candidate technical sciences: 05.05.11]. Kharkiv, 210 s. [in Ukrainian].
- [15] Palyekhin, V.P. (2013). *Kurs fizyky: pidruchnyk [Course of physics: textbook]*. KH.: KHNU imeni V. N. Karazina. ISBN 978-966-623-936-8. [in Ukrainian].



- [16] Cholpan, P.P. (2004). *Fizyka: pidruchnyk [Physics: textbook]*. K.: Vyshcha shkola. ISBN 966-642-249-2. [in Ukrainian].

RESULTS OF ANALYTICAL RESEARCH OF THE SEED PROCESSOR OF THE IMPROVED SOWING SECTION OF THE PNEUMATIC SEEDER

According to preliminary research, the primary factor influencing the accuracy of seed placement by pneumatic seeders is the process of transferring seeds from the metering device to the point of direct entry into the furrow formed by the coulter in the soil. The first factor is related to the high velocity of the air stream, which increases the risk of seed dislodgement from the seed boot and its placement outside the furrow. This problem can be addressed by installing a seed retarder above the seed boot. The second factor lies in the imperfect shape of the seed channel in the seed boot. Seeder developers, aiming to create an "ideal" seed bed in the soil, often underestimate the importance of the shape of the seed channel. Due to the high speeds at which modern pneumatic seeders operate (1.5–4.2 m/s) and their constant vibration, seeds in the seed channel of the seed boot constantly collide with its walls, leading to changes in direction and speed of movement. This chaotic seed movement results in decreased seeding accuracy. The third factor is the complete absence or incorrect installation of a seed retarder, which should prevent seed dislodgement from the bottom of the furrow.

As a result of the analytical studies, the kinematics of seed motion after ejection from the seed boot and rebound from the furrow bottom and seed retarder were considered. The obtained dependencies include the maximum height of the parabolic seed trajectory y_3^* , the difference in distance between the points of rebound from the ground surface and the distance traveled by the seeder Δx from the initial seed velocity Vp_0 , the angle of their ejection α , the height of the seed retarder placement H_u , and the angle of its inclination β . By satisfying the conditions and for the obtained dependencies in Wolfram Cloud, the following rational parameters were obtained: $\alpha = 47^\circ$, $\beta = 0^\circ$, $H_u < 0.134$ m. To ensure consistent seed placement at the center of the furrow bottom after rebounding from the seed retarder with a slight trajectory deviation (± 0.01 m), the profile shape of its working surface should be parabolic with the focus at point $pf = 0.134$ m.

Key words: seeds, precision sowing, pneumatic seeder, sowing shoe, seed stabilizer, kinematics of seed movement, parameters, shape.

Eq. 15. Fig. 4. Ref. 16.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

АЛІЄВ Ельчин Бахтияр огли – д.т.н., старший дослідник, професор кафедри інжинірингу технічних систем Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000, e-mail: aliev@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>).

БЕЗВЕРХНІЙ Петро Євгенович – здобувач третього освітньо-наукового рівня Дніпровського державного аграрно-економічного університету (вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000, e-mail: bezverhniijpetro5@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-0368-7870>).

АЛІЄВА Ольга Юрївна – Ph.D., науковий співробітник відділу техніко-технологічного забезпечення насінництва Інституту олійних культур Національної академії аграрних наук України (вул. Інститутська, 1, сел. Сонячне, Запорізький р-н, Запорізька обл., 69055, e-mail: olya_alieva@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0002-2766-7548>).

Elchyn ALIEV – Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Professor of the Departments of Mechanization of Production Processes in Animal Husbandry of Dnipro State Agrarian and Economic University (St. S. Efremova, 25, Dnipro, Ukraine, 49000, e-mail: aliev@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>).

Petro BEZVERKHNIJ – recipient of the third educational and scientific level of the Dnipro State Agrarian and Economic University (St. S. Efremova, 25, Dnipro, Ukraine, 49000, e-mail: bezverhniijpetro5@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-0368-7870>).

Olha ALIEVA – Doctor of Philosophy, researcher of the Department of Technical and Technological Support of Seed Production of the Institute of Oilseed Crops of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine (Instytutska St., 1, Sonyachne village, Zaporizhia District, Zaporizhia Region, 69055, e-mail: olya_alieva@meta.ua, <https://orcid.org/0000-0002-2766-7548>).