

ОБҐРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ НАДХОДЖЕННЯ НАСІННЯ В СОШНИК ДЛЯ ПІДҐРУНТОВО-РОЗКИДНОГО СПОСОБУ ПОСІВУ

Для визначення оптимальної форми розподільника розглядається процес розподілу насіння комбінованим розподільником у виді криволінійної призми. Від форми розподільника залежить якість розподілення насіння по ширині смуги, що засівається. Рівномірність розташування насіння по ширині захвату сошника буде характеризуватися швидкістю надходження насіння на похилу ділянку розподільника.

Постановка проблеми. Суттєвою різницею між існуючими рядковими сівалками і сівалками для підґрунтового-розкидного способу сівби є конструкція сошників, зокрема їх розподільних пристроїв. Сошники сівалок для підґрунтового-розкидної сівби у більшості випадків виконані у вигляді культиваторної лапи з різною шириною захвату [5].

Розподільний пристрій насіння є одним з основних елементів сошника, який безпосередньо впливає на рівномірність розподілу технологічного матеріалу по площі поля та збільшення ширини смуги, що засівається. Різні форми відбивачів та конструкції розподільних пристроїв у сошниках для підґрунтового-розкидного способу сівби зумовлені підвищенням рівномірності розподілу насіння по площі поля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Враховуючи те, що процес розподілу насіння при підґрунтового-розкидному способі сівби носить випадковий характер, тому що визначається великою кількістю факторів, які неможливо повністю врахувати, то його можна розглядати у відповідності із законами теорії ймовірностей [2].

Дослідженнями [1, 2, 3, 4] доведена перевага розподільників із криволінійними утворюючими, на робочій поверхні яких насіння плавно змінюють напрямок свого руху і з мінімальними втратами кінетичної енергії надходять у підсошниковий простір і висівається на дно борозни.

Мета дослідження. У зв'язку з цим пропонуються різні типи технологічних схем розподільних пристроїв сошників з метою проектування та виготовлення їх для подальшого дослідження.

Результати досліджень. Для того, щоб швидкість руху насіння досягла максимальних значень у точці сходу з кривою, крива повинна задовольняти умовам найшвидшого переміщення часток за деякий проміжок часу. Такій кривій по визначенню є брахистохрона.

Теоретичним і експериментальним дослідженням руху насіння по криволінійній утворюючій присвячена робота Кірова А.А. [3]. Він розглядає брахистохрону як сукупність прямолінійної ділянки й кола постійного радіуса r , а рух насіння по криволінійній твірній розглядає як рух насіння по такому колу.

Отримана ним формула швидкості сходу (1) із криволінійної ділянки утворюючої V із припустимою точністю може бути прийнята для розрахунку траєкторії і швидкості руху насіння після сходу з криволінійної ділянки розподільника:

$$V = \sqrt{e^{-\pi \cdot f} \left(V_0 \cdot \cos^2 \gamma_0 - \frac{6 \cdot g \cdot r \cdot f}{1 + 4 \cdot f} \right)} + 2 \cdot g \cdot r \cdot \frac{1 - 2 \cdot f^2}{1 + 4 \cdot f^2}, \quad (1)$$

де f - коефіцієнт тертя зерна об сталь; V_0 - швидкість надходження насіння на криволінійну ділянку утворюючої, м/с; γ_0 - кут між вертикальною віссю і початковим напрямком швидкості V_0 ; g - прискорення вільного падіння, м/с²;

Однак, у дійсності радіус кривизни брахистохрони змінюється за визначеним законом. Відмінність дійсного радіуса брахистохрони від радіуса кола веде до того, що і дійсна швидкість руху з криволінійної твірної буде відрізнятися від розрахункової. Через те, що від швидкості руху насіння після сходу з криволінійної ділянки розподільника буде залежати запас кінетичної енергії, що обумовлює дальність розподілу насіння у підсошниковому просторі, то розгляд даного питання є важливим і необхідним етапом теоретичного дослідження.

Розглянемо рух одиничного насіння по брахистохроні, що є твірною розподільника (рис. 1).

Частка насінного матеріалу надходить на криволінійну поверхню з початковою швидкістю V_0 . При русі по криволінійній поверхні на насіння діють: вага, сила тертя, відцентрова сила і сила нормального тиску.

Проектуючи сили на нормаль і дотичну, запишемо систему диференціальних рівнянь:

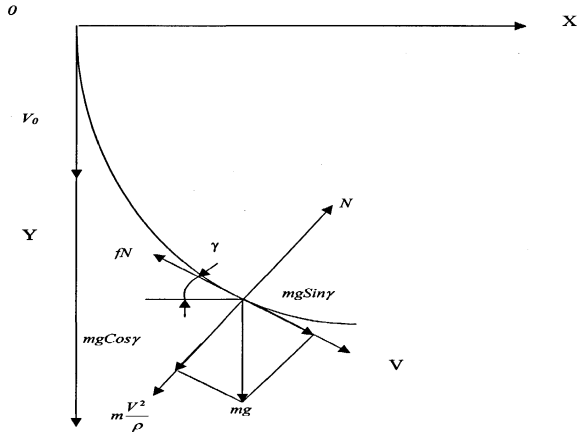


Рис. 1. Схема сил, що діють на матеріальну точку при русі по брахістохроні

$$m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot g \cdot \sin \gamma - f \cdot N ;$$

$$N = m \cdot \frac{V^2}{\rho(\varphi)} + m \cdot g \cdot \cos \gamma , \quad (2)$$

де m - маса насіння, кг; V - швидкість насіння, м/с; N - сила нормального тиску, Н; γ - кут нахилу дотичної до обрїю, радіан; t - час руху, с; $\rho(\varphi)$ - радіус кривизни брахістохрони у залежності від кута повороту утворюючої кола φ , м.

Відомо, що брахістохрона утворена колом, що котиться по прямій без ковзання. Отже, для будь-якої точки радіус кривизни брахістохрони буде дорівнює хорді кола АС (рис. 2.). Причому один кінець хорди буде належати прямій, по якій котиться коло.

З'єднаємо точки А і С з центром кола О. Розглянемо отриманий рівнобедрений трикутник АОС. З трикутника одержимо:

$$\angle OCA = \frac{\varphi}{2}, \quad (3)$$

де, φ - кут, на який повернеться коло при перекочуванні за час t .

З прямокутного трикутника OBC визначимо:

$$BC = OC \cdot \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{d}{2} \cdot \cos \frac{\varphi}{2}, \quad (4)$$

де d - діаметр твірної кола, м.

Отже, шуканий радіус кривизни брахістохрони АС:

$$\rho(\varphi) = d \cdot \cos \frac{\varphi}{2}. \quad (5)$$

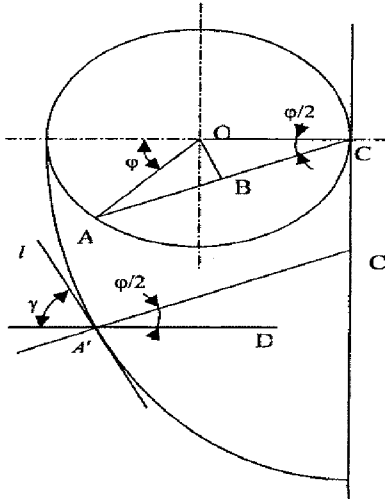


Рис. 2. Схема для визначення радіуса кривизни брахістохрони

Перенесемо AC паралельно самій собі до перетину з брахістохроною ($A'C$) і через точку перетину A проведемо лінію горизонту $A'C$ і дотичну l , тоді:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi}{2}. \quad (6)$$

Врахуємо, що за час t коло повернеться на кут φ , тобто :

$$dt = \frac{d\varphi}{V} \rho(\varphi) = \frac{d\varphi}{V} \cdot d \cdot \cos \frac{\varphi}{2};$$

Підставимо значення (4), (5) і (6) у систему рівнянь (2), і після перетворень, одержимо:

$$V \cdot \frac{dV}{d\varphi} + f \cdot V^2 = g \cdot d \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2} - g \cdot d \cdot \frac{\sin \varphi}{2}. \quad (7)$$

Отримане диференціальне рівняння є рівнянням Бернуллі. Загальне рішення рівняння:

$$V^2 = g \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\varphi}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi - \cos \varphi}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi - \cos \varphi}{4 \cdot f^2 + 1} \right] + e^{-2 \cdot f \varphi} \cdot C, \quad (8)$$

де C - постійна інтегрування

Постійну інтегрування визначимо з початкових умов: при куті повороту твірного кола брахистохрони, що відповідає точці потрапляння насіння на криволінійну твірну розподільника $\varphi = \varphi_0 - \varphi_1$, $V = V_0$:

$$C = e^{2 \cdot f \cdot \varphi_1} \cdot \left(V_0^2 - g \cdot d \cdot \left(\frac{\cos^2 \frac{\varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right) \right); \quad (9)$$

З урахуванням того, що $\varphi_0 = \pi$, можна записати:

$$\varphi = \pi - \varphi_1. \quad (10)$$

Підставивши значення постійної інтегрування C (9) і значення кута φ (10) у рівняння (8), провівши відповідні перетворення, одержимо формулу для визначення швидкості сходу насіння з криволінійної твірної розподільника:

$$V_{cx} = \left(g \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] + e^{2 \cdot f \cdot (2 \cdot \varphi_1 - \pi)} \left(V_0^2 - g \cdot d \times \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (11)$$

При установці дільника під кутом до горизонту вираз (11) запишеться в такому вигляді:

$$V_{ex} = \left(g \cdot \cos \alpha \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] + e^{2 \cdot f \cdot (2 \cdot \varphi_1 - \pi)} \left(V_0^2 - g \cdot \cos \alpha \cdot d \times \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] \right)^{\frac{1}{2}} \right) \cdot (12)$$

Кут φ_1 визначиться з наступної формули

$$\varphi_1 = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot a}{d} \right); \quad (13)$$

де a - відстань від осі розподільника до точки потрапляння насіння, м (рис. 3).

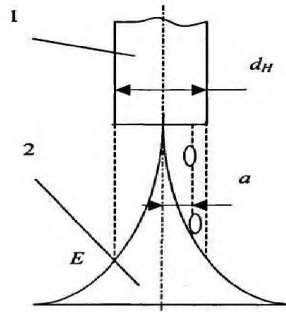


Рис. 3. Схема надходження насіння на розподільник: 1 - напрямляч, 2 - розподільник

Для аналізу залежності швидкості сходу від коефіцієнта тертя підставимо в залежність (12) значення $f=0,2...0,5$, при постійному значенні a і проведемо розрахунки. З отриманої залежності $V(f)$ (рис.4) видно, що коефіцієнт тертя незначно (у межах зміни f зміна швидкості складає 5,5...5,9%) впливає на швидкість сходу.

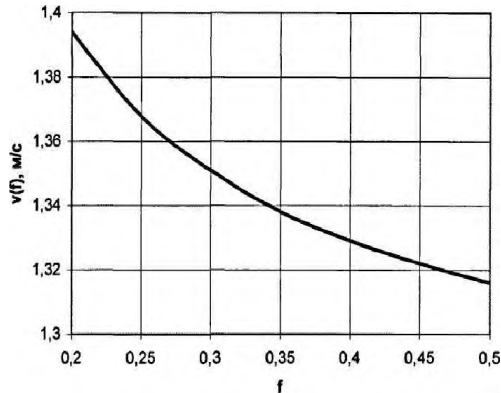


Рис. 4. Теоретична залежність швидкості сходу насіння від коефіцієнта тертя

Основним фактором, що впливає на швидкість сходу, є діаметр твірної кола брахистохрони. Оптимальний діаметр кола і, відповідно, геометричний розмір самого розподільника визначиться з погляду достатності швидкості сходу з криволінійної ділянки твірної розподільника.

Для аналізу залежності швидкості руху від координати влучення насіння на криволінійну поверхню підставимо в залежність (13) значення $a = 0...0,02$ і проведемо розрахунки за (12).

За результатами розрахунків побудуємо графічну залежність швидкості руху від координати потрапляння насіння на криволінійну поверхню розподільника $V(a)$ (рис. 5).

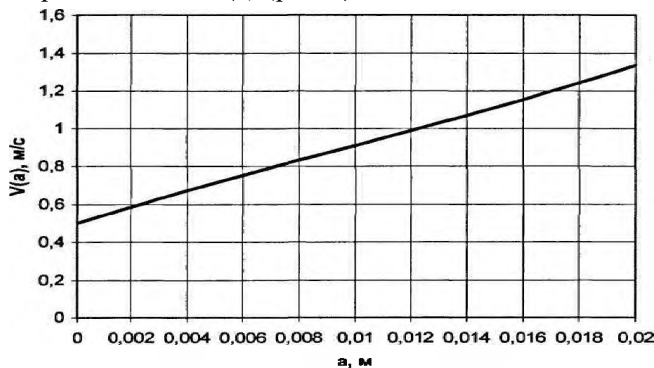


Рис. 5. Теоретична залежність швидкості руху насіння від координати потрапляння насіння на криволінійну поверхню розподільника

Найбільша швидкість сходу буде в тих насінин, що потрапляють на розподільник у крайній точці (E) проекції напрямляча насіння (рис. 3.), через те, що ці насінини будуть проходити меншу відстань по криволінійній поверхні і відповідно втрати кінетичної енергії на роботу сил тертя будуть менші. У цьому випадку кут φ_1 визначитися за такою залежністю:

$$\varphi_1 = \arccos\left(1 - \frac{d_n}{d}\right), \quad (14)$$

де d_n - внутрішній діаметр напрямляча, м.

Таким чином використовуючи отримані залежності (12)-(14) можна визначити швидкість руху насіння із криволінійної твірної в залежності від конструктивних параметрів (діаметра твірної кола, діаметра перетину вихідного напрямляча або насіннепроводу) розподільника і координати потрапляння насіння на криволінійну поверхню розподільника. Для підвищення дальності розподілу насіння по ширині смуги, яка засівається сошником, розподільник повинний використовуватися з похилою площиною, що є його основою.

Проведені теоретичні дослідження процесу розподілу насіння комбінованим розподільником дозволяють зробити такі **висновки**:

1. Одним зі шляхів збільшення дальності розподілу насіння по ширині розсіву сошником є застосування розподільника, що представляє собою комбінацію дільника з криволінійної твірної у виді брахистохрони, і похилу поверхню, що розподіляє, та є основою розподільника.

2. Отримано теоретичні залежності для визначення конструктивних параметрів комбінованого розподільника: швидкості сходу з криволінійної твірної від діаметра твірної кола брахистохрони; дальності розподілу насіння (у параметричному виді) від конструктивних параметрів похилої ділянки (довжини похилої ділянки і кута його встановлення до горизонту), використання яких дозволяє визначити оптимальні параметри розподільника і похилої ділянки для забезпечення розсіву насіння по ширині захвату сошника з необхідними дальністю і рівномірністю.

3. Швидкість руху насіння із криволінійної твірної розподільника залежить від діаметра твірної кола брахистохрони і координати потрапляння насіння на криволінійну поверхню.

Література

1. Гнилометов В.Г. Исследование и совершенствование технологического процесса сеялок-культиваторов в условиях Среднего Поволжья: Дис... канд. техн. наук. – Кинель, 1981. -226 с.

2. Есипов В.И. Исследование качественных показателей рабочих органов комбинированных посевных агрегатов при различных способах основной обработки почвы. - Куйбышев, 1976.- 212 с.

3. Киров А.А. Обоснования процесса равномерного распределения семян по площади поля и параметров распределителя сошника для подпочвенного разбросного посева: Дис... канд. техн. наук – Кинель, 1984.-218 с.

4. Ковріков І.Т. Основні принципи розробки розподілюючих пристроїв підгрунтового-розкидних сошників зернових сівалок // Трактори і сільськогосподарські машини. – 1983. - №5 – С. 13-14.

5. Хоменко М.С. и др. Механизация посева зерновых культур и трав. Справочник / М.С. Хоменко, В.А. Зырянов, В.А. Насонов.— К.: Урожай, 1989.— 168 с.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух