**УДК** 631. 33. 02

**М. Л. Заєць, доц., канд. техн. наук**
*Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, Україна*
E-mail: zaecmaksim@mail.ru

# Теоретичне обґрунтування параметрів розподільника насіння сошника для підґрунтово-розкидного способу сівби

Розглядається визначення оптимальної форми розподільника та процес розподілу насіння комбінованим розподільником у вигляді 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.
**швидкість, сівба, розподільник, твірна, рівномірність**

**М. Л. Заец, доц., канд. техн. наук**
*Житомирский национальный агроэкологический университет, г. Житомир, Украина*
**Теоретическое обоснование параметров распределителя семян сошника для подпочвенно-разбросного способа посева**
Рассматривается определение оптимальной формы распределителя и процесс распределения семян комбинированным распределителем в виде криволинейной призмы. От формы распределителя зависит качество распределения семян по ширине полосы, которая засевается. Равномерность расположения семян по ширине захвата сошника будет характеризоваться скоростью поступления семян на наклонный участок распределителя.
**скорость, сев, распределитель, образующая, равномерность**

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

Розподільник 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 підгрунтово-розкидного способу сівби зумовлені підвищенням рівномірності розподілу насіння по площі поля.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**. Дослідниками [1,2,3,4] доведена перевага розподільників із криволінійними твірними, 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.

Для того щоб швидкість руху насіння досягла максимальних значень у точці сходу з кривої, крива повинна задовольняти умовам найшвидшого переміщення частинок за деякий проміжок часу. Такою кривою по визначенню є брахистохрона.

© М.Л. Заєць, 2016

Теоретичним і експериментальним дослідженням руху насіння по криволінійній твірній 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.

**Постановка завдання**. Враховуючи те, що процес розподілу насіння при підгрунтово-розкидному способі сівби носить випадковий характер, оскільки визначається великою кількістю факторів, які неможливо повністю врахувати, то його можна розглядати у відповідності із законами теорії ймовірностей [2]. У зв'язку з цим пропонуються різні типи технологічних схем розподільних пристроїв сошників з метою проектування та виготовлення їх для подальшого дослідження.

**Виклад основного матеріалу**. Розглянемо рух одиничної насінини по похилій поверхні (похилій ділянці) комбінованого розподільника (рис. 1.). У момент часу $t_0$ насінина сходить із криволінійної ділянки комбінованого розподільника і починає рухатись з початковою швидкістю $V_{cx}$ під кутом $\beta_0$. У силу наявності ваги насіння і сили тертя напрямок руху частки зміниться і рух буде відбуватися по деякій кривій.

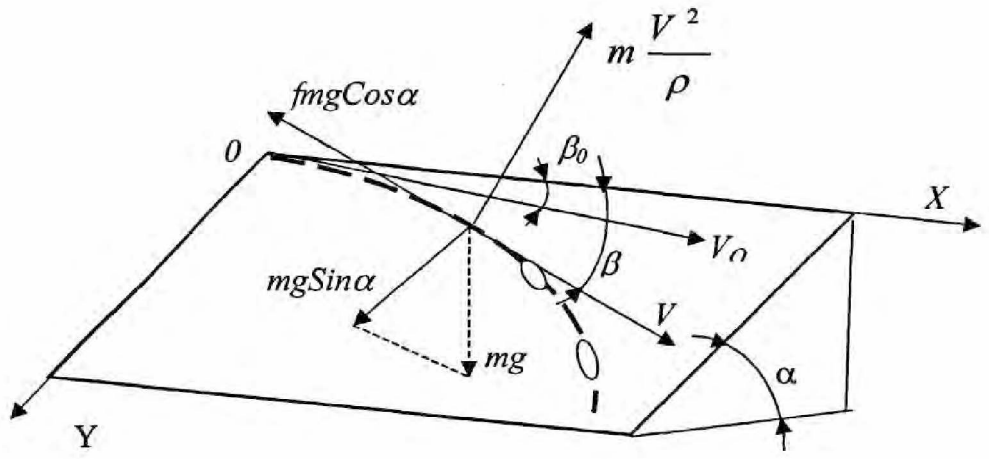



Рисунок 1 – Розрахункова схема сил, що діють на насінину при русі по похилій ділянці розподільника

Складемо диференціальні рівняння руху насіння в проекціях на нормаль і дотичну до траєкторії. Такі рівняння мають вигляд ([1]):

$$m\frac{dV}{dt} = mg \cdot \sin\alpha - fmg \cdot \cos\alpha \ , \tag{1}$$

$$m\frac{V^2}{\rho} = mg \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta, \tag{2}$$

де $V$ – швидкість насіння на похилій ділянці в момент часу $t$;

$\alpha$ – кут постановки похилої ділянки до горизонту, рад;

$\beta$ – кут між напрямком руху частки в момент часу $t$ і віссю OX декартової системи координат, рад;

$\rho$ – радіус кривизни траєкторії руху по похилій ділянці в момент часу $t$, м.

Візьмемо до уваги, що

$$\rho = \frac{dS}{d\beta} = \frac{V \cdot dt}{d\beta}, \tag{3}$$

де $dS/d\beta$ – збільшення шляху, м.

Підставивши значення ρ у рівняння (2) і виразивши $dt$, одержимо:

$$dt = \frac{V \cdot d\beta}{g \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta}. \tag{4}$$

Якщо тепер ввести значення $dt$ в рівняння (1), то отримаємо слідуючий вираз:

$$\frac{dV}{V \cdot d\beta} mg \cdot \sin\alpha \cdot \cos\beta = mg \cdot \sin\alpha \cdot \sin\beta - fmg \cdot \cos\alpha. \tag{5}$$

Проведемо математичні перетворення і запишемо отримане рівняння

$$\frac{dV}{V} = tg\beta \cdot d\beta - f \cdot ctg\alpha \frac{1}{\cos\beta} \cdot d\beta. \tag{6}$$

Отримане диференціальне рівняння є рівнянням з розділеними змінними.

Загальне рішення рівняння:

$$V = \frac{C}{\cos\beta} \cdot \left[\frac{1 - tg\frac{\beta}{2}}{1 + tg\frac{\beta}{2}}\right]^{f \cdot ctg\alpha}, \tag{7}$$

де $C$ – довільна постійна.

Постійну інтегрування знайдемо з початкових умов:

при $\beta = \beta_0$ $V = V_{cx}$

$$C = \frac{V_{cx}}{\cos\beta_0} \cdot \left[\frac{1 + tg\frac{\beta_0}{2}}{1 - tg\frac{\beta_0}{2}}\right]^{f \cdot ctg\alpha}. \tag{8}$$

Підставимо значення $C$ у вираз (7) і після перетворень одержимо формулу для визначення швидкості руху насіння по похилій ділянці:

$$V = \frac{V_{cx}}{\cos\beta_0 \cdot \cos\beta} \cdot \left[ \left( \frac{1+tg\frac{\beta_0}{2}}{1-tg\frac{\beta_0}{2}} \right) \cdot \left( \frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}} \right) \right]^{f \cdot ctg\alpha} . \quad (9)$$

Траєкторія руху насіння по похилій ділянці може бути визначена по наступних залежностях:

$$dx = V \cdot \cos\beta \cdot dt,$$

$$dy = V \cdot \sin\beta \cdot dt . \quad (10)$$

або в силу рівняння (4)

$$\begin{aligned} dx &= \frac{V^2 \cdot d\beta}{g \cdot \sin\alpha} \\ dy &= \frac{V^2 \cdot tg\beta \cdot d\beta}{g \cdot \sin\alpha} \end{aligned} . \quad (11)$$

Загальне рішення системи рівнянь (11) [1]:

$$\begin{aligned} x &= -\frac{2 \cdot V_{cx}^2}{g \cdot \sin\alpha \cdot \cos^2\beta_0} \cdot \left( \frac{1+tg\frac{\beta_0}{2}}{1-tg\frac{\beta_0}{2}} \right)^{2 \cdot f \cdot ctg\alpha} \cdot \\ &\cdot \left( \frac{1}{2 \cdot f \cdot ctg\alpha - 1} \cdot \left( \frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}} \right)^{2 \cdot f \cdot ctg\alpha - 1} + \frac{1}{2 \cdot f \cdot ctg\alpha + 1} \cdot \left( \frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}} \right)^{2 \cdot f \cdot ctg\alpha + 1} \right) + C_1 \\ y &= -\frac{V_{cx}^2}{g \cdot \sin\alpha \cdot \cos^2\beta_0} \left( \frac{1+tg\frac{\beta_0}{2}}{1-tg\frac{\beta_0}{2}} \right)^{2 \cdot f \cdot ctg\alpha} \cdot \\ &\cdot \left( \frac{1}{2 \cdot f \cdot ctg\alpha - 2} \cdot \left( \frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1-tg\frac{\beta}{2}} \right)^{2 \cdot f \cdot ctg\alpha - 2} - \frac{1}{2 \cdot f \cdot ctg\alpha + 2} \cdot \left( \frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}} \right)^{2 \cdot f \cdot ctg\alpha + 2} \right) + C_2 \end{aligned} \quad (12)$$

де $C_1$ і $C_2$ – постійні інтегрування.

Постійні інтегрування визначимо, виходячи з початкових умов:

при $\beta=\beta_0$, $x=0$, $y=0$.

$$C_1 = -\frac{2\cdot V^2_{ск}}{g\cdot\sin\alpha\cdot\cos^2\beta_0}\cdot\left(\frac{1+tg\frac{\beta_0}{2}}{1-tg\frac{\beta_0}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha}\cdot$$

$$\cdot\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-1}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta_0}{2}}{1+tg\frac{\beta_0}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha-1}+\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+1}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta_0}{2}}{1+tg\frac{\beta_0}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha+1}\right)$$

$$C_2 = -\frac{V^2_{ск}}{g\cdot\sin\alpha\cdot\cos^2\beta_0}\left(\frac{1+tg\frac{\beta_0}{2}}{1-tg\frac{\beta_0}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha}\cdot \qquad (13)$$

$$\cdot\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-2}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta_0}{2}}{1-tg\frac{\beta_0}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha-2}-\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+2}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta_0}{2}}{1+tg\frac{\beta_0}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha+2}\right)$$

Аналізуючи вираз (13), можна зробити висновок про те, що максимальне переміщення по осі X (дальність розподілу насіння по ширині захвату сошника) буде при збігу напрямку швидкості в нульовий момент часу з віссю X (кут β=0°).

При цьому значення постійних інтегрування запишуться в такий спосіб:

$$C_1 = \frac{2\cdot V^2_{ск}}{g\cdot\sin\alpha}\cdot\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-1}+\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+1}\right)$$
$$C_2 = \frac{V^2_{ск}}{g\cdot\sin\alpha}\cdot\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-2}-\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+2}\right). \qquad (14)$$

При установці розподільника з ексцентриситетом щодо осі насіннєпроводу, відлік координати **x** ведемо від точки О – точки потрапляння насінини на похилу ділянку, координати **y** від осьової лінії розподільника (рис. 2.). При даному положенні можна записати:

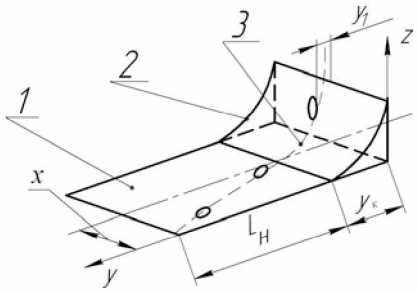
$$x = x(\beta)+C_1$$
$$y = y(\beta)+C_2+(y_k \pm y_1)\ , \qquad (15)$$

де $x(\beta)$ і $y(\beta)$ – функції $x$ и $y$ в залежності від параметра β (система рівнянь 13);

$C_1$ і $C_2$ – значення постійних інтегрування (14);

$y_к$ – проекція криволінійної твірної розподільника на похилу площину, м.

$y_1$ – відстань від осьової лінії розподільника до проекції точки потрапляння насінини на похилу ділянку, м (рис. 2.).




1 – похила ділянка, 2 – розподільник, 3 – траєкторія руху насіння

Рисунок 2 – Схема розподільника з похилою ділянкою

При русі сошника за рахунок сил інерції дійсні траєкторії руху насіння по похилій ділянці відрізняються від теоретичних, що буде впливати на ширину смуги, яку засіває сошник. Тому це явище необхідно врахувати за допомогою поправочного коефіцієнта. Після підстановки в систему рівнянь (15) значень $\beta_0$, $x(\beta)$, $y(\beta)$, $C_1$ і $C_2$, і врахувавши те, що довжина похилої ділянки – величина, що задається, рівна $L_н$, остаточно одержуємо рівняння руху насіння по похилій ділянці в параметричному виді:

$$
\begin{aligned}
x &= K\cdot\Bigg[ -\frac{2\cdot V_{сх}^2}{g\cdot\sin\alpha\cdot\cos^2\beta_0}\cdot \\
&\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-1}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha-1} + \frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+1}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha+1}\right)+ \\
&+\frac{2\cdot V_{сх}^2}{g\cdot\sin\alpha}\cdot\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-1}+\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+1}\right)+x_к\ \Bigg] \\
L_н &= -\frac{V_{сх}^2}{g\cdot\sin\alpha\cdot\cos^2\beta_0}\cdot \\
&\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-2}\cdot\left(\frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}}\right)^{2\cdot fctg\alpha=2} - \frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+2}\left(\frac{1-tg\frac{\beta}{2}}{1+tg\frac{\beta}{2}}\right)^{2\cdot f\cdot ctg\alpha+2}\right)+ \\
&+\frac{V_{сх}^2}{g\cdot\sin\alpha}\cdot\left(\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha-2}-\frac{1}{2\cdot f\cdot ctg\alpha+2}\right)\pm y_1.
\end{aligned}
\qquad (16)
$$

де $K$ – поправочний коефіцієнт, обумовлений експериментальним шляхом.

$$
\kappa = \frac{B_{експ}}{2\cdot x}, \qquad (17)
$$

де $B_{експ}$ – експериментальне величина ширини смуги, яку засіває сошник.

Як видно з отриманої системи рівнянь, основними параметрами, що характеризують дальність розподілу насіння, є: довжина похилої ділянки $L_н$, швидкість надходження насіння із криволінійної поверхні розподільника на похилу ділянку $V_{сх}$, кут установки похилої ділянки до горизонту $\alpha$.

Аналізуючи отримані вирази визначимо мінімальний кут установки похилої ділянки з умови відсутності заторів на похилій площині:

$$f \cdot tg\alpha > 1. \qquad (18)$$

Підставивши значення коефіцієнта тертя рівне 0,36...0,37 для зернових колосових культур [2,3], визначимо, що мінімальний кут установки похилої ділянки до горизонту дорівнює 19,8 °...20,3°.

Задаючись довжиною похилої ділянки $L_н$, швидкістю надходження насіння $V_{сх}$, кутом нахилу $\alpha$ і розв'язавши систему рівнянь (16) можна визначити дальність розсіву насіння **x** відносно осі симетрії сошника. Використовуючи отримані вирази (16), визначимо, що ширина смуги, яку засіває сошник, знаходиться в межах 95..100 мм при довжині похилої ділянки в межах 30... 70мм.

**Висновки**. Проведені теоретичні дослідження процесу розподілу насіння комбінованим розподільником дозволяють зробити наступні висновки:

1. Одним зі шляхів збільшення дальності розподілу насіння по ширині розсіву сошником є застосування розподільника, що представляє собою комбінацію подільника з криволінійної твірною у вигляді брахистохрони, і похилу поверхню, що розподіляє і 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 її 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. Значення довжини похилої ділянки вибране на підставі дальності і рівномірності розподілу насіння і складає 60 мм. Комбінований розподільник може розподіляти насіння зернових культур по ширині 95-100 мм.

## Список літератури


1. Василенко П.М. Теория движения материальной частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин [Текст] / П.М. Василенко. – К.: Укр. акад. с.-х. наук, 1960. – 282с.
2. Есипов В.И. Исследование качественных показателей рабочих органов комбинированных посевных агрегатов при различных способах основной обработки почвы: дис. … канд. техн. наук [Текст] / В.И. Есипов. – Куйбышев, 1976. – 212с.
3. Киров А.А. Обоснование процесса равномерного распределения семян по площади поля и параметров распределителя сошника для подпочвенно -разбросного посева: дис. … канд. техн. наук [Текст] / А.А. Киров. – Кинель, 1984. –218с.
4. Заєць М. Л. Обґрунтування оптимальної величини ексцентриситету установки розподільника сошника для розкидного способу сівби сільськогосподарських культур [Текст] / М.Л. Заєць // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2008. – Вип. 38. – С. 87–91.
5. Заєць М.Л. Обґрунтування швидкості надходження насіння в сошник для підгрунтово-розкидного способу посіву [Текст] / М.Л. Заєць // Сільського-сподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2007. – Вип. 16. – С. 81-89.
6. Заєць М. Л. Визначення швидкості руху насіння по розподільнику сошника для підгрунтово-розкидного способу сівби [Текст] /М.Л. Заєць, М.М. Живега// Збірник наукових праць. Серія «Техніка та енергетика АПК». – К., 2015. – Вип.226. – С. 307-315.
7. Романишин О. Ю. Сошник для розкидного способу сівби зернових культур [Текст] / О. Ю. Романишин, М. Л. Заєць // Вісник Полтавської державної аграрної академії. –2006. – № 4. – С. 87– 89.

8. Заєць М. Л. Удосконалення способу сівби зернових колосових культур [Текст] / М. Л. Заєць // Наукові читання – 2013 : наук.-теорет. зб. / ЖНАЕУ. – Житомир : ЖНАЕУ, 2013. – Т. 1. – С. 312–319.

Maxim Zaets, Assoc. Prof., PhD tech. sci.
Zhytomyr National Agroecological University, Zhitomir, Ukraine

Theoretical study of parameters distributor for subsoil seed coulter-variation mode sowing

We consider the determination of the optimal shape of the distributor and the process of distribution of seeds combined distributor in the form of curved prisms. From the shape of the distributor depends on the quality seeds for distribution bandwidth that sown. Uniformity location on the seeds width will be characterized by the speed of flow of seed in a sloping area distributor.

Distributor of seeds is a key element opener, which directly affects the even distribution of process material on the area of the field and increased bandwidth that sown. Various forms of reflectors and constructions of distribution devices for subsurface mode of sowing due to increased uniform distribution of seeds on the area of the field.

Given that the process of distribution of seeds in the subsoil, spreading it the way sowing is random, as determined by a lot of factors that can not be fully taken into account, it can be treated in accordance with the laws of probability theory. In this regard are various types of technological schemes distributor to design and manufacture them for further study.

speed, sowing, distributor, generators, uniformity

Одержано 30.10.16