

УДК 631.331.1.024

Гевко Б.М.
д.т.н., професор

кафедра автомобілів
Механіко-технічний факультет
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя
Тернопіль, Україна

Павельчук Ю.Ф.
к.т.н., доцент

кафедра сільськогосподарських машин і механізованих
технологій
Інженерно-технічний факультет
Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: pavelchuk-yuriy@rambler.ru

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ПРИ ПІДГРУНТОВО-РОЗКИДНОМУ СПОСОБІ СІВБИ: ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ

У статті пропонується робочий орган сівалок для підгрунтового-розкидного сівби зернових культур типу стрілчастої лапи з параметрами робочих органів культиватора для передпосівної культивування ґрунту, що визначається однаковими умовами роботи. Використано аналітичний метод визначення параметрів робочої поверхні відбивача насіння через рівняння площин крил лапи та нормальний вектор шуканих площин. Дослідження спираються на допущенні, що у відповідності з технологічним призначенням відбивача він має мати три робочі площини: дві бокові, які спрямовують насіння під кінці крил лапи та середню площину, яка розподіляє насіння на центральну частину смуги розсіву. На основі теоретичних передумов досліджень процесу розподілу насіння зернових культур при підгрунтового-розкидному способі сівби визначено швидкість падіння насіння на відбивач, теоретично обґрунтовані параметри відбивача насіння та складено рівняння площин відбивача. Визначено вплив способу подачі насіння, довжини камери розсіву сошника та відбивача насіння на рівномірність його розподілу по площі живлення.

Ключові слова: робочий орган, підгрунтового-розкидна сівба, стрілчаста лапа, відбивач, насіння, робочі площини, камера розсіву, площі живлення.

Вступ. Одним із найважливіших технологічних заходів в аграрному виробництві є посів сільськогосподарських культур, зокрема застосування підгрунтового-розкидного способу сівби. Найбільш гостро це питання стоїть при вирощуванні зернових культур, площа живлення яких вимагає раціонального використання поживних елементів ґрунту та сонячної енергії. Крім цього, це дає можливість зменшити застосування хімічних препаратів для боротьби з бур'янами внаслідок того, що останні біологічно пригноблюються культурними рослинами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Значний внесок для вирішення теоретичних досліджень, та вдосконаленням робочих органів посівних машин для сівби зернових культур зробили: Л.В. Погорілий, А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.І. Шмат, Т.М. Белодєдова, В.О. Белодєдов, А.В. Рудь, П.І. Роздорожнюк та ін. Розроблено ряд робочих органів посівних машин та розподільників насінневого матеріалу по ширині захвату сошника, визначені основні недоліки та запропоновані шляхи до їх спрощення і покращення якості роботи при висіві насіння зернових культур. Однак, проблема

підвищення ефективності використання всієї конструктивної ширини захвату сошників може успішно вирішуватися за умови застосування математичного обґрунтування технологічних параметрів елементів робочого органа [1, с.6; 3, с.21; 4, с.109].

Мета. Метою статті є проведення теоретичного дослідження процесу руху насіння в підсошниковому просторі та встановлення оптимальних параметрів сошника для підґрунтового-розкидного посіву зернових культур, та обґрунтувати теоретичні та експериментальні параметри відбивача насіння.

Методологія. Основними параметрами робочого органа сівалок для підґрунтового-розкидної сівби – сошника типу стрільчастої лапи культиватора є:

2γ - кут, який визначає відхилення крил лапи (рис. 1),

β - кут встановлення площини крила лапи до дна борозни,

α' - кут підйому скиби (кут входження сошника у ґрунт),

B_0 - ширина захвату сошника,

δ - ширина крила,

a_1 - висота підйому.

Поскільки умови роботи культиватора на передпосівній культивациї ґрунту та сівалки - культиватора при сівбі практично однакові, тому параметри B_0 , 2γ , β лап сошників доцільно запозичити у культиваторної лапи. Кут α' входження сошника у ґрунт пов'язаний з кутами β і γ співвідношенням [1, с.32]:

$$\operatorname{tg} \alpha' = \operatorname{tg} \beta \sin \gamma.$$

Висота підйому a_1 за даними Д. А. Сміловенко, дорівнює:

$$a_1 = (0,4 - 0,6)h,$$

де h – глибина загортання насіння.

Довжина L грудей лапи пов'язана з кутами підйому та роздрібнення залежністю [1, с.33]:

$$L = \delta \frac{\sin \beta}{\sin \alpha'}.$$

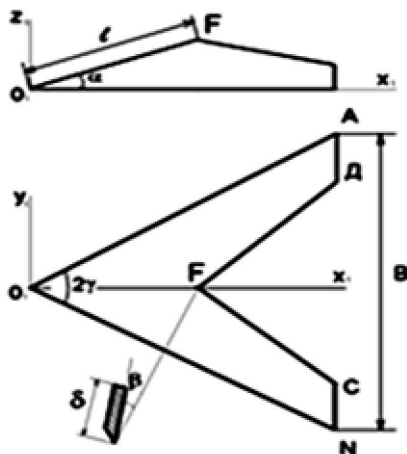


Рис. 1. Схема для визначення геометричної характеристики наральника сошника

Стрілчаста лапа кріпиться до пустотілого стояка. В нижній частині стояка та в підсошниковому просторі розташовано розподільник насіння, призначення якого зводиться до спрямування насіння, яке поступає із стояка, вздовж крил лапи та рівномірному розподілу його по всій ширині захвату сошника. Підсошниковий простір, де проходить розподіл насіння, обмежений крилами лапи сошника та дном борозни [5,сб1].

Результати. Для визначення параметрів робочої поверхні відбивача складемо рівняння площин крил лапи у системі координат $x_1 y_1 z_1$ (рис. 1). Нехай площина O_1ADFCN обмежена горизонтальною проекцією крил лапи. Леза лапи будуть розташовані по лініях O_1A і O_1N , а по лініях FD і FC – задній обріз крил лапи. Рівняння прямих O_1A і O_1N , які співпадають з лезами лапи, будуть мати вигляд рівняння прямих, які проходять через початок координат O_1 , з кутовим коефіцієнтом $K_1 = \pm tg\gamma$:

$$y = \pm xtg\gamma$$

Через прями O_1A і O_1N проводимо площину під кутом β до координатної площини $x_1O_1y_1$. Запишемо їх рівняння, як рівняння площини в загальному вигляді:

$$A_1x + B_1y + C_1z = 0.$$

Поділивши обидві частини цього рівняння на $C_1 (C_1 \neq 0)$, одержимо:

$$\frac{A_1}{C_1}x + \frac{B_1}{C_1}y + z = 0. \quad (1)$$

Нормальний вектор \bar{n} шуканих площин має координати

$$\bar{n} \left\{ \frac{A_1}{C_1}, \frac{B_1}{C_1}, 1 \right\},$$

а координатний вектор \bar{n}_0 горизонтальної площини - $\bar{n}_0 \{0,0,1\}$. Так як кут між цими площинами дорівнює β , то можна записати слідуєчи рівність:

$$\cos \beta = \frac{\bar{n} \times \bar{n}_0}{|\bar{n}| \times |\bar{n}_0|} = \frac{\frac{A_1}{C_1} \cdot 0 + \frac{B_1}{C_1} \cdot 0 + 1 \cdot 1}{\sqrt{\frac{A_1^2}{C_1^2} + \frac{B_1^2}{C_1^2} + 1} \sqrt{0^2 + 0^2 + 1}} = \frac{1}{\sqrt{\frac{A_1^2}{C_1^2} + \frac{B_1^2}{C_1^2} + 1}}. \quad (2)$$

Для визначення двох невідомих коефіцієнтів $\frac{A_1}{C_1}$ і $\frac{B_1}{C_1}$ у рівнянні шуканої площини, складемо друге рівняння, яке враховує перпендикулярність двох векторів: нормального вектора \bar{n} шуканої площини та вектора $\overline{O_1M}$, який лежить у цій площині та є направляючим вектором прямої O_1A (точка $M(a_1, e_1, 0)$ - довільна точка прямої O_1A). Вектор $\overline{O_1M}$ має координати $\overline{O_1M} \{a_1, e_1, 0\}$. з умови перпендикулярності одержуємо рівняння, яке шукали для визначення коефіцієнтів $\frac{A_1}{C_1}$ і $\frac{B_1}{C_1}$:

$$a_1 \frac{A_1}{C_1} + e_1 \frac{B_1}{C_1} = 0. \quad (3)$$

Розв'язуємо одночасно рівняння (2) і (3). З рівняння (3) знаходимо:

$$\frac{B_1}{C_1} = -\frac{a_1}{e_1} \cdot \frac{A_1}{C_1}.$$

Підставляємо його значення у рівняння (2) і одержуємо:

$$\cos \beta = \frac{1}{\sqrt{\frac{A_1^2}{C_1^2} + \frac{a_1^2}{e_1^2} \cdot \frac{A_1^2}{C_1^2} + 1}}.$$

Піднісши обидві частини рівняння до квадрату, і помноживши їх на квадрат знаменника, одержуємо:

$$\cos^2 \beta \left(\frac{A_1^2}{C_1^2} + \frac{a_1^2}{e_1^2} \cdot \frac{A_1^2}{C_1^2} + 1 \right) = 1.$$

Згрупувавши члени з невідомими і винісши член $\frac{A_1^2}{C_1^2}$ за дужки, та використавши основну тригонометричну тотожність

$$\cos^2 \beta + \sin^2 \beta = 1,$$

одержимо:

$$\cos^2 \beta \cdot \frac{A_1^2}{C_1^2} + \cos^2 \beta \cdot \frac{a_1^2}{b_1^2} \cdot \frac{A_1^2}{C_1^2} + \cos^2 \beta = \cos^2 \beta + \sin^2 \beta,$$

$$\frac{A_1^2}{C_1^2} \cos^2 \beta + \cos^2 \beta \cdot \frac{a_1^2}{b_1^2} \cdot \frac{A_1^2}{C_1^2} = \sin^2 \beta,$$

$$\cos^2 \beta \left(1 + \frac{a_1^2}{e_1^2} \right) \frac{A_1^2}{C_1^2} = \sin^2 \beta.$$

Тоді:

$$\frac{A_1^2}{C_1^2} = \frac{\sin^2 \beta}{\left(1 + \frac{a_1^2}{b_1^2} \right) \cos^2 \beta}.$$

Або після спрощення одержимо:

$$\frac{A_1^2}{C_1^2} = \frac{e_1^2 \operatorname{tg}^2 \beta}{a_1^2 + e_1^2}.$$

Як результат для $\frac{A_1}{C_1}$ і $\frac{B_1}{C_1}$ одержимо рівняння:

$$\frac{A_1}{C_1} = \pm \frac{e_1 \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{a_1^2 + e_1^2}}, \quad \frac{B_1}{C_1} = \pm \frac{a_1 \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{a_1^2 + e_1^2}}.$$

Підставляємо одержані результати в рівняння площини:

$$\pm \frac{d_1 \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}} x \pm \frac{a_1 \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}} y + z = 0.$$

Помножимо дане рівняння на вираз $\frac{\sqrt{a_1^2 + b_1^2}}{\operatorname{tg} \beta}$, та одержимо рівняння площин крил

лапи запишеться у такому вигляді:

$$\pm e_1 x \mp a_1 y + z \frac{\sqrt{a_1^2 + e_1^2}}{\operatorname{tg} \beta} = 0. \quad (4)$$

Враховавши призначення відбивача суттєво припустити, що він має три робочі площини: дві бокові, які спрямовують насіння під кінці крил лапи та середню площину, яка спрямовує насіння на центральну площину смуги розсіву.

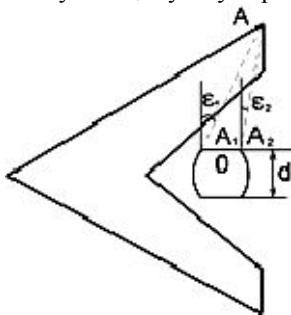


Рис. 2. Схема для визначення кута нахилу бокових поверхонь відбивача до горизонту

Кут E_0 між вертикальними площинами, в яких рухається насіння після удару у бокову площину відбивача, та поперечним напрямом визначається як середній між кутами E_1 і E_2 нахилу ліній A_1A та A_2A (рис. 2) до цього ж напрямку:

$$E_0 = \frac{E_1 + E_2}{2},$$

Кут E_0 визначає встановлення бокових площин відбивача горизонтальній площині. (A_1 і A_2 – передня та задня точки бокової стінки нижнього обрізу стояка сошника; A – кінець крила лапи сошника. На рисунку 2 аналогічні точки для лівого симетричного крила лапи не вказані).

Кут нахилу цих площин може бути визначено, виходячи із необхідності спрямування відбитого насіння паралельно до площини крила лапи у перерізах A_1A та A_2A , щоб виключити удари насіння у кришку камери розсіву. При цьому кут β'_0 між вектором швидкості відбитого насіння та горизонтом визначається як середнє значення:

$$\beta'_0 = \frac{\beta' + \beta''}{2},$$

де β' і β'' – кути нахилу крила лапи до горизонту відповідно у перерізах A_1A і

A_2A .

При ударі насіння в поверхню відбивача, проекції швидкості падіння і відбивання на нормаль і дотичну до поверхні відбивача з врахуванням тертя пов'язані співвідношеннями [2, с.153]:

$$\frac{U_n}{V_n} = K, \quad \frac{U_\tau}{V_\tau} = 1 - \lambda, \quad (5)$$

де λ - коефіцієнт миттєвого тертя, який пов'язує дотичні швидкості падіння та відбивання насіння.

Із співвідношення (4) одержуємо:

$$U_n = KV \cos \alpha; \quad U_\tau = (1 - \lambda)V \sin \alpha. \quad (6)$$

Тоді модуль швидкості відбивання буде дорівнювати:

$$U = V \sqrt{K^2 \cos^2 \alpha + (1 - \lambda)^2 \sin^2 \alpha} \quad (7)$$

Кут нахилу вектора швидкості відбивання до нормалі дорівнює:

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{U_\tau}{U_n} = \frac{1 - \lambda}{K} \operatorname{tg} \alpha \quad (8)$$

За формулами (4) та (5) можна зробити висновок, що модуль і напрямок швидкості V відбивання насіння залежить від коефіцієнтів K і λ - відновлення та миттєвого тертя насіння. Провівши аналогічні перетворення з рівнянням (5), одержимо значення кута нахилу бокової площини відбивача до горизонту з врахуванням тертя:

$$\alpha_\delta = \operatorname{arctg} \frac{1}{2} \left(\left(1 + \frac{K}{1 - \lambda}\right) \operatorname{tg} \beta_0 + \sqrt{\left(1 + \frac{K}{1 - \lambda}\right)^2 \operatorname{tg}^2 \beta_0 + \frac{4K}{1 - \lambda}} \right) \quad (9)$$

Середня площина відбивання визначається таким чином, що лінія перетину її з горизонтальною площиною перпендикулярна до напрямку руху сошника та нахилена до дна борозни під кутом α_{cp} . При цьому величина кута α_{cp} повинна забезпечувати горизонтальність вектора \overline{U} швидкості відбитого насіння, що необхідно для зменшення горизонтальної складової абсолютної швидкості насіння в момент падіння його на дно борозни. Останнє необхідне, в свою чергу, для зменшення розкачування зерна по дну борозни, по ширині захвату сошника.

Висновки. На основі теоретичних досліджень виведено аналітичні залежності взаємодії насіння з відбивачем і проведено розрахунок параметрів відбивача, які мають забезпечувати максимальну дальність польоту насіння після удару до його робочої поверхні і одночасно виключають удар насіння до площини крила лапи, при цьому коефіцієнт рівномірності розподілу насіння по площі живлення є оцінкою якості розподілу насіння по площі живлення.

Список використаних джерел

1. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин [Текст] / Под ред. М.И.Клецкина. – М. : Машиностроение, 1967. – 830 с.
2. Березкин, Е.К. Курс теоретической механики [Текст] / Н.И.Кленин. – М. : Моск. университет, 1974. – 646 с.
3. Кленин, Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И.Кленин, В.А.Скаун. – 3-е изд., перераб. и дополн. – М. : Колос, 1994. – 751 с.

4. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і розрахунку [Текст] : підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. ; за ред. Д.Г. Войтюка. – К. : Вища освіта, 2005. – 464 с.
5. Пат. на корисну модель № 103145 У. Україна, МПК А01С 7/20(2006.01). Сошник / Гевко Б. М., Павельчук Ю.Ф., Жалоба В. М. (Україна). – № у 2015 04036; Заяв. 27.04.2015 р. Опубліковано 10.12.2015. Бюл. № 23.
6. Бейкер, С.Дж. Технология и посев. Наука и практика [Текст] / С.Дж. Бейкер, К.Е. Сакстон, В.Р. Ритчи. – Нью-Йорк, 2002. – 264 с.
7. Spirit (Väderstad) [Текст] // Землероб. – 2015. – №10. – С. 13–19.
8. Väderstad International (www.vaderstad.com).

References

1. Kletsyna, M. Y. (1967). *Spravochnik konstruktora selskohozyaystvennyih mashin [Reference Design agricultural machinery]*. M.: Mashynostroenyie [Engineering] [in Russian].
2. Berezkin, E.K. (1974). *Kurs teoretycheskoi mekhaniky [Course of theoretical mechanics]*. M. : Mosk. unyversytet [in Russia].
3. Klenyn, N. Y. & Sakun, V.A. (1994). *Selskohozyaystvennyie i meliorativnyie mashyny [Agricultural and land reclamation machines]*. Moscow : Kolos [in Russian].
4. Voitiuk, D. H., Baranovskiy, V.M., ... & Bulhakov, V.M. (2005). *Silskohospodarski mashyny. Osnovy teorii i rozrakhunku. [Silskogospodarski machine. Basics of teorii i rozrakhunku]*. Kiev : Vyshcha osvita [in Ukrainian].
5. Hevko, B. M., Pavelchuk, Yu. F., & Zhaloba, V. M. (2015). *Soshnyk [Coulter]*. Patent № u201504036. Ukraine, *MPK A01S 7/20(2006.01)*.
6. Bejker, S.Dzh., Sakston, K.E., & Rytchy, V.R. (2002). *Tekhnolohiya y posev. Nauka y praktyka*. New York [in Russian].
7. Spirit (Väderstad) (2015). *Zemlerob, 10, 13–19*. [in Ukrainian].
8. Väderstad International (www.vaderstad.com).

Дата надходження статті до редакції: 08.01.2016,

рецензування : 22.01.2015, прийняття в друк 29.02.2016.

Received : 08.01.2016 1st Revision: 22.01.2016 Accepted: 29.02.2016

Bogdan Gewko

Dr. (Engineering), Professor

Department of Car

Mechanics and Engineering Faculty

Ternopil National Technical University Ivan Pul'uj

Ternopil, Ukraine

Yriy Pavelchuk

Ph.D., docent

Department of agricultural machines and mechanized technology

Engineering department

State Agrarian and Engineering University in Podilya

Kamyanets-Podilsky, Ukraine

E-mail: pavelchuk-yuriy@rambler.ru

THEORETICAL ANALYSIS OF CEREAL SEEDS SUBSOIL DISTRIBUTION AND VARIOUS METHODS OF SOWING

The working body drills for subsurface variation-sowing crops such lancet paws with the parameters of the job cultivator for pre-cultivation of the soil, which is determined by the same working conditions are examined. Analytical method for determining the parameters of the working surface of the reflector seeds through equations planes wings and paws normal vector of unknown planes is used.

The study is based on the assumption that, in accordance with the technological purpose reflector it is a working mother of three planes: two side, directing seed at the end of the wings, paws and

secondary plane, which distributes seeds on the central strip of screening. The distribution process cereal seeds spreading in the subsoil-defined method of sowing seeds at the rate of fall reflector, reflector options theoretically grounded seed and compiled equation plane reflector is regarded. The influence of coulter method, coulter length screening chamber and reflector seed in his uniform distribution of the feeding area.

Keywords: *working body, subsoil, variation sowing, pointed paw, reflector, seeds, working plane, luggage screening, feeding area.*

Богдан Гевко
д.т.н., професор

*кафедра автомобилей
Механико-технический факультет
Тернопольский национальный технический университет
имени Ивана Пулюя
Тернополь, Украина*

Юрий Павельчук
к.т.н., доцент

*кафедра сельскохозяйственных машин и
механизированных технологий
Инженерно-технический факультет
Подольский государственный аграрно-технический
университет
Каменец-Подольский, Украина
E-mail: pavelchuk-yuriy@rambler.ru*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЕМЯН ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПРИ ПОДПОЧВЕННЫХ-РАЗБРОСНОМ СПОСОБА ПОСЕВА: ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

В статье предлагается рабочий орган сеялок для подпочвенно-разбросного посева зерновых культур типа стрельчатой лапы с параметрами рабочих органов культиватора для предпосевной культивации почвы, которые определяются одинаковыми условиями работы.

Использованы аналитический метод определения параметров рабочей поверхности отражателя семян через уравнения плоскостей крыльев лапы и нормальный вектор искомым плоскостей. Исследование опираются на допущении, что в соответствии с технологическим назначением отражателя он имеет иметь три рабочие плоскости: две боковые, которые направляют семян под концы крыльев лапы и среднюю плоскость, которая распределяет семена на центральную часть полосы посева.

На основе теоретических предпосылок исследований процесса распределения семян зерновых культур при подпочвенных-разбросном способе сева определена скорость падения семени на отражатель, теоретически обоснованные параметры отражателя семян и составлено уравнения плоскостей отражателя.

Определено влияние способа подачи семян, длины камеры посева сошника и отражателя семян на равномерность его распределения по площади питания.

Ключевые слова: *рабочий орган, подпочвенно-разбросный посев, стрельчатая лапа, отражатель, семена, рабочие плоскости, камера посева, площадь питания.*