

УДК 631.331.1

А.В. Рудь, проф., Ю.Ф. Павельчук, ст. викл., І.О. Мошенко, в.о. доцента
Подільський державний аграрно-технічний університет

Теоретичні дослідження процесу розподілу насіння зернових культур при підґрунтового-розкидного способі сівби

На основі теоретичних досліджень процесу розподілу насіння зернових культур при підґрунтового-розкидного способі сівби визначено швидкість падіння насіння на відбивач, теоретично обґрунтовані параметри відбивача насіння та складено рівняння площин відбивача. **робочий орган, суцільний розподіл насіння, ширина захвату сошника, технологічний процес, взаємодія насіння, властивості насіння, пружності контактуючих тіл, швидкість насіння, параметри руху насіння, підсошниковий простір, розподільний пристрій**

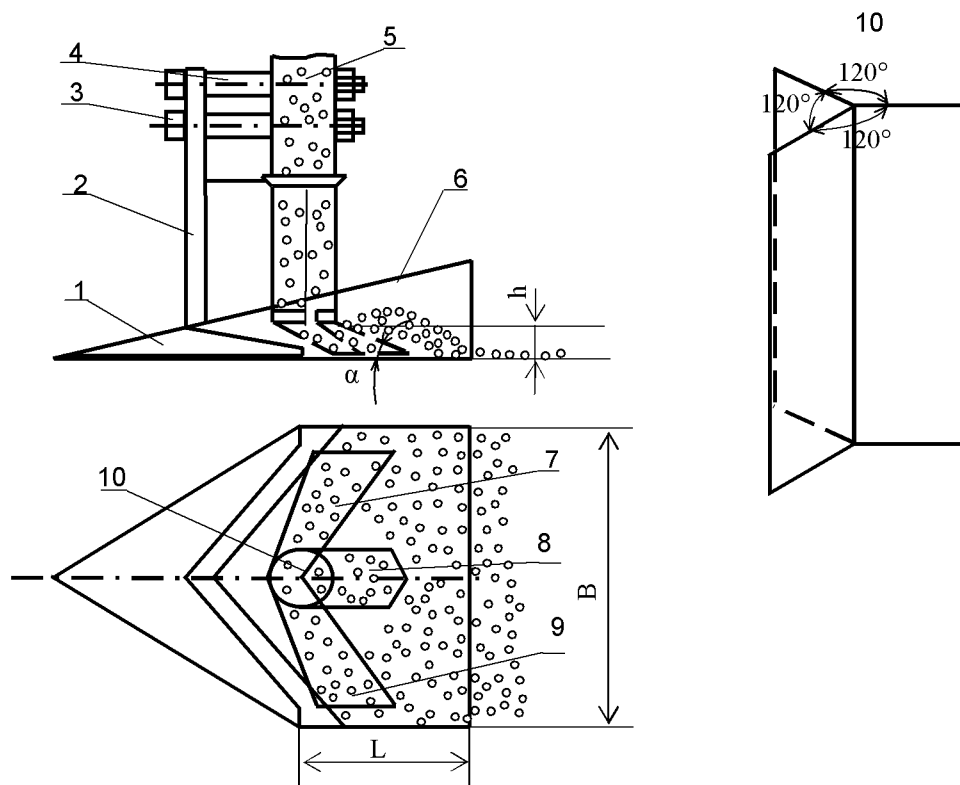
Однією з найважливіших технологічних операцій в галузі рослинництва є сівба сільськогосподарських культур, зокрема застосування підґрунтового-розкидного способу розподілу насіння по площі живлення. Найбільш гостро це питання стоїть при вирощуванні зернових культур, площа живлення яких вимагає раціонального 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.

Значний внесок для вирішення теоретичних досліджень та вдосконалення робочих органів посівних машин для сівби зернових культур зробили: О.М. Семенов, П.В. Сисолін, В.М. Сало, С.І. Шмат, Д.Г. Войтюк, І.В. Морозов, В.О. Белодєдов, А.В. Рудь, Ю.Ф. Павельчук та ін. Ними розроблені робочі органи 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.

Метою статті є теоретичне дослідження процесу руху насіння в підсошниковому просторі, встановлення оптимальних параметрів сошника для підґрунтового-розкидного посіву зернових культур та обґрунтування теоретичних і експериментальних параметрів відбивача насіння.

Враховуючи те, що більшість сучасних сівалок для підґрунтового-розкидної сівби обладнані робочими органами, які виконують смуговий посів, нами пропонується принципово нова конструкція робочого органа і ставиться завдання теоретично обґрунтувати процес суцільного розподілу насіння по всій ширині захвату сошника.

Технологічний процес розподілу насіння по ширині захвату сошника може бути схематизований таким чином (рис. 1) . Насінневий потік із насіннепровода потрапляє на розподільний пристрій і ділиться на частини ділильними пластинами 10, які розташовані всередині нижньої частини стояка-насіннепровода 5. Ділильні пластини є першим елементом розподільного пристрою .



1 – екстирпаторна лапа; 2 – стояк; 3 – болт; 4 – втулка; 5 – насіннепровід; 6 – камера розсіву; 7, 9 – лотки розподільника; 8 – відбивач; 10 – подільник; α – кут нахилу відбивача; h – висота встановлення відбивача; B – ширина захвату сошника; L – довжина камери розсіву

Рисунок 1 - Функціональна схема експериментального сошника

Другим елементом цього пристрою є похилі лоточки 7, 9 які розташовані всередині камери розсіву 6 і призначені для розподілу окремих порцій насіння під крилами лапи. Кут нахилу α лотків до дна борозни повинен бути більшим кута тертя насіння по матеріалу лотка (якщо не враховувати енергію, яку має насіння в момент падіння на дно лотка). Мінімальна відстань h між днищем лотків і площиною крила лапи повинна забезпечувати вільний прохід насіння.

Третім елементом є відбивач насіння 8, що призначений для розподілу потоку насіння, яке рухається у центральній частині насіннепровода по середній смузі ширини захвату сошника.

Комбінування цих елементів дає сімнадцять основних технологічних схем розподільних пристроїв.

Беручи до уваги те, що взаємодію насіння зернових культур з робочими органами пристроїв, які розподіляють його рівномірно по площі живлення, можна аналізувати методами математичної теорії пружності і опору матеріалів, ми плануємо теоретично дослідити взаємодію одиничної насінини зернових культур з екраном із листової сталі.

Нами зроблені припущення, що насіння слід розглядати, як достатньо пружне тіло з формою поверхні у вигляді еліпсоїда обертання [8].

В основу досліджень покладено класичну теорію контактних взаємодій

$$\int_s \int q(x, y) ds = P,$$

де $q(x, y)$ - тиск, розподілений по площі стискування s ;

P - рівнодіюча системи активних сил, що діють на тіло [9, 10, 11].

Г.Герц вирішив це рівняння, подавши зв'язок між навантаженням і деформацією у вигляді

$$P = \psi \lambda^{\frac{3}{2}}, \quad (1)$$

де ψ - коефіцієнт, що визначається пружними та геометричними параметрами тіла;

λ - деформація.

У загальному випадку насіння зернових культур можна віднести до пружних тіл, однак, враховуючи високі пружні властивості такого насіння до моменту появи первинної тріщини, без великої похибки до них можна використати рівняння 1.

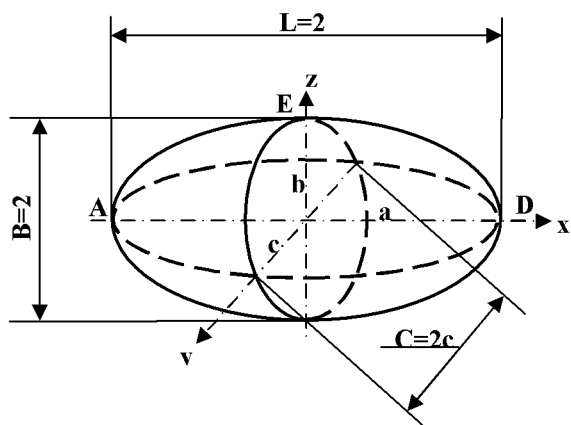
Коефіцієнт ψ визначається в залежності від модулів ε_1 , ε_2 пружності контактуючих тіл, коефіцієнтів Пуассона μ_1 насіння і μ_2 матеріалу робочого органу, сумарної кривизни $\sum k$ в точці контакту [1].

$$\psi = n_\psi \eta^{-1} (\sum k)^{(-0.5)}, \quad (2)$$

де n_ψ - коефіцієнт, що залежить від кривизни контурів головних перерізів контактуючих тіл;

η - приведена пружна константа.

При теоретичних дослідженнях приймаємо припущення, що насіння зернових культур є еліпсоїдом обертання (рис. 2) з піввісями $a = L/2$, $b = B/2$, $c = C/2$, де L , B , C - відповідно довжина, ширина і товщина насіння.



Результати досліджень показали, що відхилення теоретичного об'єму від знайденого експериментально не перевищують 3% [2, 3, 4].

Таким чином, прийнявши насіння зернових культур за еліпсоїд, ми знайшли, що

$$n_\psi = \frac{1}{\sqrt{(2\omega)^3}},$$

де ω - коефіцієнт, що залежить від кривизни контурів головних перерізів контактуючих тіл.

Рисунок 2. - Схема насіння зернових культур.

Запишемо, що

$$\sum k = \frac{1}{\rho_{11}} + \frac{1}{\rho_{12}} + \frac{1}{\rho_{21}} + \frac{1}{\rho_{22}},$$

де ρ_{11} , ρ_{12} - головні радіуси кривизни насіння;

ρ_{21}, ρ_{22} - головні радіуси кривизни робочого органа.

У випадку контакту насіння з площиною робочої поверхні коефіцієнт ψ буде максимальним при мінімальній сумарній кривизні, яка відповідає найбільшим головним радіусам кривизни насіння в точках E та K [4]

$$\left(\sum k\right)^{E:K} = \frac{1}{\rho_{11}} + \frac{1}{\rho_{12}} = \frac{2(\alpha^2 + \gamma^2)}{(\alpha^2 \gamma^2 B)}, \quad (3)$$

де $\alpha = \frac{C}{B}; \gamma = \frac{L}{B}$.

Удар, при якому не проходить зміна кінетичної енергії, називають пружним ударом. Якщо після удару швидкість тіл, які вдаряються, вирівнюється, то такий удар називають непружним.

Знайдемо миттєвий імпульс пружного удару з рівняння

$$m_1(\mathcal{G}_1 - U_1)(\mathcal{G}_1 + U_1) = m_2(\mathcal{G}_2 - U_2)(\mathcal{G}_2 + U_2). \quad (4)$$

Підставляючи в це рівняння значення $m_1(\mathcal{G}_1 - U_1) = m_2(\mathcal{G}_2 - U_2) = S$, знаходимо $\mathcal{G}_1 + U_1 = \mathcal{G}_2 + U_2$.

Розв'язуючи це рівняння, визначаємо миттєвий імпульс пружного удару

$$S = \frac{2m_1m_2(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2)}{m_1 + m_2}. \quad (5)$$

Миттєвий імпульс непружного удару знайдемо, якщо припустимо, що $U_1 = U_2 = U$ [4], тоді

$$S = \frac{m_1m_2(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2)}{m_1 + m_2}. \quad (6)$$

Порівнюючи рівняння (5) і (6), зауважимо, що миттєвий імпульс пружного удару вдвічі більший миттєвого імпульсу непружного удару.

Звідси висновок, що миттєвий імпульс непружного удару може бути записаний у вигляді

$$S = \frac{(1+k)m_1m_2(\mathcal{G}_1 - \mathcal{G}_2)}{m_1 + m_2}, \quad (7)$$

де k – коефіцієнт відновлення.

Очевидно, що при $k = 0$ будемо мати поглинаючий удар, а при $k = 1$ – абсолютно пружний удар. Для визначення коефіцієнта відновлення k кулю масою m_1 кидаємо з

висоти h_1 на площину масою m_2 і фіксуємо висоту h_2 , на яку відскакує куля. Так як маса площини в декілька раз більша маси кулі, то можемо прийняти [10, 11]

$$g_2 = U_2 = 0; \frac{m_1}{m_2} \approx 0.$$

Звідси коефіцієнт відновлення можна визначити за формулою [11]

$$k = \frac{U_1}{g_1} = \sqrt{\frac{2qh_2}{2qh_1}} = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}.$$

Кінцевим моментом падіння насіння у сошнику є його удар до поверхні відбивача. В нашому випадку можна розглянути удар у косопоствавлену площину відбивача. У відповідності з теорією удару (рис. 3)

$$U_1 - U_2 = k (g_2 - g_1),$$

де U_1 - складова швидкості насіння після удару, яка перпендикулярна площині відбивання;

$g_2 = U_2$ - швидкість руху площини відбивання (до удару та після удару);

k - коефіцієнт відновлення;

g_1 - складова швидкості насіння до удару, яка перпендикулярна площині відбивання.

Однак, оскільки

$$g_2 = U_2 = 0,$$

тоді

$$U_1 = -k g_1.$$

Для нашого випадку маємо рівняння

$$g_1 = g \sin \gamma_0,$$

де g - швидкість падіння насіння в момент удару;

γ_0 - кут між площиною та дотичною до траєкторії падіння насіння (рис. 3).

Звідси

$$U_1 = -k g \sin \gamma_0.$$

Спостерігаючи майже вертикальне падіння насіння, можна записати рівняння

$$\gamma_0 = 90^\circ - \alpha_0,$$

де α_0 - кут нахилу площини відбивача до дна борозни, а тому

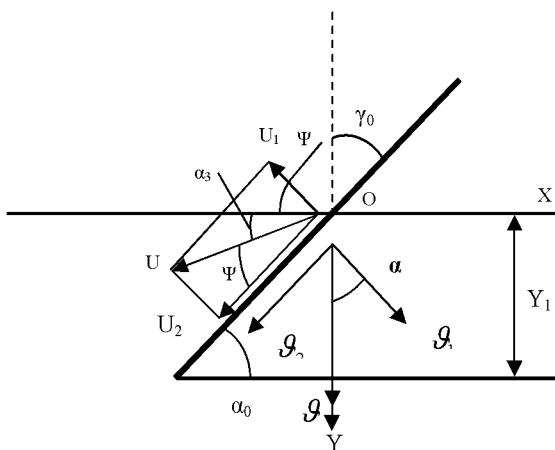


Рисунок 3 – Схема для дослідження удару насіння до поверхні відбивача

$$U_1 = -k g \cos \alpha_0;$$

$$U_2 = g \sin \alpha_0 - f' g \cos \alpha_0 (1 + k).$$

Для визначення параметрів руху насіння в підсошниковому просторі необхідно знати швидкість насіння \mathcal{G} при виході з стояка сошника, тобто швидкість насіння до удару його у поверхню відбивача. У вертикальному стояку насіння рухається під дією сили земного тяжіння та сили опору повітря, тому цей рух описується диференціальним рівнянням

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg - c \mathcal{G}, \quad (8)$$

де m - маса насіння, кг;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

$c = k \varepsilon$ - коефіцієнт опору, помножений на міделевий переріз тіла, м².

Оскільки $\mathcal{G}_y = \frac{dy}{dt}$, одержимо (рис.3)

$$\frac{dy}{dt} = \frac{1}{e^{at} a} g (1 - e^{at}) - a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}.$$

Проінтегруємо дане диференціальне рівняння та, врахувавши початкові умови $t = 0$; $y_0 = 0$, одержимо

$$y = -\frac{1}{a} (\mathcal{G}_y + \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}) + \frac{g}{a^2} \ln \frac{g - a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}}{g - a \mathcal{G}_y}.$$

Розглядаючи рух насіння в насіннепроводі, як рух матеріальної точки (тобто тіла, розмірами якого можна знехтувати за певних умов), був одержаний вираз

$$\mathcal{G} = \sqrt{e^{\pm 2 \int P dx} \left| C + 2 \int Q e^{\pm \int P dx} dx \right|}.$$

Використавши дану формулу для конкретного випадку, ми одержали, що швидкість руху насіння при виході із насіннепровода визначається за формулою

$$\mathcal{G}_{nn} = \sqrt{2gl_{nn} (\sin \alpha_{nn} - f' \cos \alpha_{nn}) - \frac{2}{\text{кот}} - \sin^2(\alpha_{nn} - \alpha_{\text{ж}})}, \quad (9)$$

де l_{nn} - довжина насіннепровода;

f' - коефіцієнт тертя насіння по стінках насіннепровода;

α_{nn} - кут нахилу насіннепровода до площини відбивача;

$\alpha_{\text{ж}}$ - кут нахилу дотичної до крайнього елементу жолобка котушки висівного апарата;

$\mathcal{G}_{\text{кот}}$ - лінійна швидкість руху котушки висівного апарата.

Отже, 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 виключати удар насіння до площини крила лапи.

Список літератури

1. Семенов А.Н. Зерновые сеялки / А.Н. Семенов - М.- К.: Машгиз, 1959. – 315 с.
2. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладн. с.-г. вир-ва" / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропивний; За ред. М.І. Черновола. — К.: Урожай, 2001. - 384 с: іл. - Бібліогр.: С. 375—379.
3. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д. Г. Войтюк, В.М.Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
4. Морозов І.В. Основи теорії сільськогосподарських машин. Учебний посібник для сільськогосподарських вузів / І.В. Морозов. – Х.: Оригінал, 1992. – С. 5-9.
5. А.с. 948315 (СССР): Сошник для подпеченого розбросного посева / В.А. Белодедов, А.В. Рудь, И.О. Мошенко, Н.В. Островский, П.И. Роздоржнюк, В.И. Мельник, А.П. Викул. – опубл. 1982, Бюл. № 29.
6. Системний аналіз технологічних можливостей сучасних зернових сівалок / М.І. Самокиш, А.В. Рудь, В.В. Іліяшук, І.О. Мошенко, В.В. Мельник // Зб. наук. праць ПДАТА. – Вип. 10. – Кам'янець-Подільський, 2002. – С. 230-232.
7. Пат. 57985А Україна, А 01 С7/20. Сошник / Рудь А.В., Мошенко І.О., Михайлова Л.М. Павельчук Ю.Ф., Винничук С.М., Хаєцький М.В., Жалоба В.М. (Україна). - №2002064664; заяв. 07.06.02; Опубл. 15.07.03. Бюл. №7.
8. Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел / Н.А. Кильчевский – М.: Госиздат, 1969. – 168 с.
9. Воднев В.Т. Основные математические формулы / В.Т. Воднев, А.Ф. Наумович, Н.Ф. Наумович – Минск: Высшая школа, 1988. – 269 с.
10. Яблонский А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский. - М.: Высшая школа, 1971. - 487с.
11. Турбин Б.И. Теоретическая механика / Б.И. Турбин - М.: Сельхозиздат, 1959. – 376 с.

А. Рудь, Ю.Павельчук, И. Мошенко

Теоретические исследования процесса распределения семян зерновых культур при подпочвенно-разбросном способе сева

На основании теоретических исследований процесса распределения семян зерновых культур при подпочвенно-разбросным способе посева определена скорость падения семян на отражатель, теоретически обоснованы параметры отражателя семян и составлено уравнение плоскостей отражателя.

A.Rud', Yu. Pavel'chuk, I. Moshenko

Theoretical researches of process of distributing of seed of grain-crops at the underground-scattered method of sowing

On the theoretical basis of the seeds distribution investigation process by underground- scattered sowing method was fixed seed speed falling to the reflector, the theoretical substantiated parameters of seed reflector prism, and the technological plans of distributive ploughs means in underground-scattered seeding machines were elaborated.

Одержано 18.09.09