

УДК 631.331.1.024.2/3

Ю. Павельчук

Подільський державний аграрно-технічний університет

ОБґРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ ПОДАЧІ НАСІННЯ НА ВІДБИВАЧ СОШНИКА

У даній статті описано математичне моделювання руху насіння в насіннепроводі сошника. Виведено залежності для визначення швидкості руху насіння в сошнику при виході з насіннепроводу і при його ударі до відбивача. Для уточнення значення швидкості падіння насіння на відбивач, проведено лабораторні експерименти з допомогою кінозйомки, за результатами яких виведено поправочний коефіцієнт для уточнення достовірності запропонованої методики розрахунку швидкості руху насіння в насіннепроводі.

Ключові слова: Сошник, насіннепровід, рух насіння, підсошниковий простір, відбивач.

Y. Pavelchuk

DETERMINATION OF SEEDS FEED RATE ON COLTER REFLECTOR

In this article the mathematical design of seed motion in grain pipe of colter is described. Dependences for determination of seed motion speed in colter are established. Laboratory experiments to specify the falling speed of the seeds on the reflector are conducted. The correction factor for reliability of the given technique to calculate the moving speed of the seeds in the grain pipe is determined according to the experimental data.

Key world: Colter, grain pipe, seed motion, undercolter space, reflector.

Умовні позначення:

m - маса насіння;

g - прискорення вільного падіння;

c - коефіцієнт опору;

l_{nn} - довжина насіннепроводу;

f' - коефіцієнт тертя насіння по стінках насіннепроводу;

α_{nn} - кут нахилу насіннепроводу;

$\alpha_{жс}$ - кут нахилу дотичної до крайнього елемента жолобка катушки;

V - швидкість насіння при виході з стояка сошника;

$V_{кот}$ - лінійна швидкість руху катушки висівного апарата;

V_y - швидкість падіння насіння на відбивач сошника;

P - відносна частота.

Постановка проблеми. Сівба - надзвичайно важлива технологічна операція при вирощуванні сільськогосподарських культур. Головним завданням під час сівби є оптимальний розподіл насіння по площі живлення та у ґрунті на заданій глибині з метою створення сприятливих умов для росту і розвитку рослин і, як наслідок, отримання максимального врожаю. Сівбу можна вести різними способами. За шириною міжрядь і розподілом насіння в рядках розрізняють такі способи сівби: рядковий, перехресний, вузькорядний, стрічковий, смуговий і розкидний [1]. Багаторічними дослідженнями встановлено, що вузькорядний і перехресний способи сівби майже рівноцінні, а середній приріст врожаю від них становить всього 1,6 ц/га [2]. Рядковий посів існує вже більше півтора віку. Спроби видозмінити його призвели до використання спочатку стрічкового, а потім і суцільного безрядкового посіву з

метою покращення рівномірності розташування насіння на площі живлення. Розкидний безрядковий посів набуває все більшого розповсюдження в Угорщині, Болгарії, Німеччині, Франції, Англії, США, Канаді та в інших країнах завдяки високій продуктивності відцентрових і пневматичних розкидачів, їх простоті та надійності. Як показує практика, урожайність озимої пшениці і ярих культур при розкидному посіві на 4-10% більша, ніж при рядковому. При цьому зменшуються експлуатаційні витрати, скорочуються терміни висівання (агрегати на весні можуть вийти в поле на 2-4 дні раніше). Є підстави вважати, що при достатньому і надмірному зволоженні ґрунту розкидне висівання зернових культур може успішно застосовуватися в різних ґрунтово-кліматичних зонах України [3]. А тому є необхідність дослідження посівних агрегатів для підґрунтово-розкидного способу сівби.

Аналіз досліджень і публікацій. Ще в минулому тисячолітті були спроби застосувати розробки робочих органів і створення сівалок для підґрунтово-розкидного (безрядкового) посіву. Вперше сошник для безрядкового висівання зернових культур був розроблений професором К.І. Васильєвим в 1930-1934 рр. В якості наральника в ньому використовувалася плоскорізальна культиваторна лапа, під якою розташовувався спеціальний розкидач насіння.

В 1939 – 1940 рр. інженером І.І. Резніковим була розроблена конструкція вузькорядної сівалки УНДІМ-Р для сівби з міжряддям 4 см, яка була обладнана 46 двострічковими анкерними сошниками.

В 40-50-х роках з'являється чимало робочих органів для підґрунтово-розкидної сівби, до яких належать сошники А.Ф. Владімірова, А.Н. Владичанського, П.Г. Гурницького та інших. В інших сошниках (П.Л. Карпуші, Г.А. Гірського, А.К. Михайленка) для їх кращого проходження в ґрунті стояк відхилявся назад, як у культиваторних лапах.

Сівалки-культиватори, які виконують 3-4 операції, почали проектуватися після 60-х років. До них належать сівалки СПС-18, СКСП-20Н, СЗС-2,1 і СЗС-2,1М. Більшість сівалок-культиваторів мають два ряди сошників з паралелограмною або радіальною підвіскою. Сошник безрядкової сівалки конструкції А.К. Михайленка (Чернівецька дослідна станція) мав лапу з шириною захвату 170 мм. Безрядкова сівалка конструкції Рязанського сільськогосподарського інституту, створена на базі зернової сівалки СУБ-48, на якій в два ряди було встановлено 19 сошників конструкції Ф.В. Гріщенко. Кожний сошник складався з лапи, яка мала ширину захвату 220 мм. Стерньові сівалки-культиватори СЗС-2,1 і СЗС-2,1М, обладнані лапами шириною захвату 290 мм, (СЗС-2,1) і 425 мм (СЗС-2,1М). На легких за механічним складом ґрунтах сівалка СЗС-2,1М рівномірно розподіляє насіння площею живлення, але вона дуже погано працює на важких ґрунтах в умовах підвищеної вологості (27-29%). На сьогодні ефективність використання даних сівалок на нестерньових фонах мало вивчена. Тому ставиться завдання створити до цих сівалок принципово нові робочі органи для безрядкової сівби з метою покращення рівномірності розподілу насіння на площі живлення. Робочий процес і теорія котушкових висівних апаратів, які застосовуються в зернових сівалках, широко висвітлені в роботах академіка В.П. Горячкіна, професорів Ю.А. Вейса, С.В. Кардашевського, О.М. Семенова, А.В. Рудя та багатьох інших вчених [4,5,6,7,8,9,10].

Отже, дослідження ефективності використання сошника сівалки для підґрунтово-розкидної сівби його розподільного пристрою є важливим завданням у вдосконаленні підґрунтово-розкидних сівалок.

Різниця між існуючими рядковими зерновими сівалками і сівалками для підґрунтово-розкидної сівби полягає в конструкції сошника.

Для покращення рівномірності розподілу насіння на площі живлення і глибині зароблення запропоновано технологічні схеми розподільних пристроїв сошників [9].

Метою даної роботи є теоретичне дослідження процесу руху насіння в підсошниковому просторі запропонованого сошника [11].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення параметрів руху насіння в підсошниковому просторі необхідно знати швидкість V насіння при виході з стояка сошника, тобто швидкість насіння до удару його об поверхню відбивача. У вертикальному стояку насіння рухається під дією сили земного тяжіння та сили опору повітря, тому цей рух можна описати диференціальним рівнянням:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = mg - c \mathcal{G} \quad (1)$$

Прирівняємо праву частину рівняння (1) до нуля та одержимо:

$$mg - c \mathcal{G} = 0,$$

звідси:

$$\mathcal{G} = \frac{mg}{c} = \mathcal{G}_y.$$

Інтегруємо рівняння (1), попередньо зводимо його до більш наочного вигляду:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = g - \frac{c}{m} \mathcal{G},$$

або прийнявши, що $\frac{c}{m} = a$, отримаємо $\frac{d\mathcal{G}}{dt} = g - a \mathcal{G}$.

Проінтегруємо дане диференціальне рівняння

$$\int \frac{d\mathcal{G}}{g - a \mathcal{G}} = \int dt,$$

одержимо:

$$-\frac{1}{a} \ln|g - a \mathcal{G}| = t + C_1,$$

де C_1 – стала інтегрування.

Сталу інтегрування C_1 знаходимо, використавши початкові умови, а саме $t=0$,

$$\dot{y}_0 = \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}$$

$$C_1 = -\frac{1}{a} \ln|g - a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}|.$$

Час t відповідно знайдемо за формулою

$$t = \frac{1}{a} \ln \left| \frac{g - a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}}{g - a \mathcal{G}_y} \right|;$$

замінімо \ln його основою, а саме експонентою e , одержимо:

$$e^{at} = \frac{g - a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn}}{g - a \mathcal{G}_y}.$$

З останньої рівності знаходимо \mathcal{G}_y

$$e^{at} (g - a \mathcal{G}_y) = g - a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn},$$

$$e^{at} a \mathcal{G}_y = g - e^{at} g + a \mathcal{G}_{nn} \sin \alpha_{nn},$$

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

Оскільки $\mathcal{G}_y = \frac{dy}{dt}$, одержимо:

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

Проінтегруємо дане диференціальне рівняння та, врахувавши початкові умови $t = 0; y_0 = 0$, одержимо вираз для визначення висоти встановлення відбивача:

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

Розглядаючи рух насіння в насіннепроводі як рух матеріальної точки (тобто тіла, розмірами якого можна знехтувати за певних умов), одержимо 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 насіннепроводу визначається за формулою:

$$\mathcal{G}_{nn} = \sqrt{2gl_{nn}(\sin \alpha_{nn} - f' \cos \alpha_{nn}) - \mathcal{G}_{ком}^2 - \sin^2(\alpha_{nn} - \alpha_{жс})}. \quad (3)$$

Для розрахунку прийняті наступні значення величин, які входять у рівняння (3): $l_{nn} = 86 \text{ см}$, $\alpha_{nn} = 48^\circ$, $f' = 0,36$, $\mathcal{G}_{ком} = 2,77 \text{ см/с}$, $\alpha_{жс} = 22^\circ 30'$, підставляємо ці значення та обчислюємо величину швидкості насіння при виході із насіннепроводу:

$$\mathcal{G}_{nn} = \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 86 (\sin 48^\circ - 0,36 \cos 48^\circ) - 2,77^2 \sin^2(48^\circ - 22^\circ 30')} = 292,1 \text{ см/с}.$$

Швидкість \mathcal{G}_y падіння насіння перед ударом у відбивач визначаємо за формулою:

$$\mathcal{G}_y = \sqrt{2gy_1 + \mathcal{G}_{nn}^2 \sin^2 \alpha_{nn}}, \quad (4)$$

де $y_1 = y$ - висота встановлення відбивача.

Числове значення швидкості падіння зерна перед ударом до відбивача, визначене за формулою (4), дорівнює $\mathcal{G}_p = 257,5 \text{ см/с}$.

При визначенні швидкості падіння насіння перед ударом до відбивача за наведеною методикою не враховано опір повітря. Крім того, не брались до уваги форма та розміри насіння, взаємодія насіння одне з одним при рухові технологічного матеріалу, удари їх до стінок насіннепроводу, що приводить до зміни траєкторії руху насіння, а відповідно до зменшення швидкості. Тому для уточнення значення швидкості падіння насіння на відбивач, яку будемо використовувати у подальших розрахунках, проведено лабораторні експерименти з допомогою кінозйомки, методика якої описана в [10]. За результатами кінозйомки визначено поправочний коефіцієнт, що дасть можливість уточнити достовірність запропонованої методики розрахунку швидкості руху насіння в насіннепроводі.

За даними кінозйомки, для вертикальної швидкості падіння насіння на відбивач побудовано статистичний ряд розподілу швидкостей (табл. 1).

Таблиця 1 - Статистичний ряд розподілу швидкості падіння насіння

$\mathcal{G}_y, \text{ см/с}$	144	150	171	200	240	300
P, %	3,846	15,384	19,230	38,460	15,384	7,692

Числові характеристики швидкості \mathcal{G}_y падіння визначені за відомими формулами математичної статистики [12] і мають такі значення:

математичне сподівання $M, \text{ см/с}$ 198,423;
 дисперсія $D, \text{ см}^2 / \text{с}^2$ 1679,890;
 середнє квадратичне відхилення $\delta, \text{ см/с}$ 40,986;
 коефіцієнт варіації $\mathcal{G}, \%$ 20,655.

Середнє значення експериментальної швидкості падіння насіння на відбивач може бути прийнятим $\mathcal{G}_e = 200 \text{ см/с}$.

Тоді поправочний коефіцієнт k' для уточнення значення швидкості \mathcal{G}_y падіння насіння на відбивач складе:

$$k' = \frac{\mathcal{G}_p}{\mathcal{G}_e}, \quad (5)$$

де \mathcal{G}_p - розрахункове значення швидкості; \mathcal{G}_e - експериментальне значення швидкості.

Підставивши у рівняння (5) числові значення швидкостей, отримаємо числове значення коефіцієнта для уточнення швидкості падіння насіння на відбивач:

$$k' = \frac{257,5}{200} = 1,287.$$

Отже, числове значення поправочного коефіцієнта становить $k'=1,287$

Висновки

Запропонована математична модель руху насіння у насіннепроводі дає можливість визначити швидкість подачі насіння на відбивач сошника, значення якої перевірено експериментально і можна буде використовувати в процесі проектування сошників для підгрунтового-розкидного висівання зернових культур.

Література

1. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник // Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
2. Довідник з машиновикористання в землеробстві./ За ред. В.І. Пастухова. -Харків: Веста, 2001. - 347с.
3. Самокиш М.І., Рудь А.В., Винничук С.М., Мошенко І.О. Перспективні можливості підгрунтового-розкидного способу сівби зернових культур // Міжвідомчий тематичний науковий збірник "Механізація та електрифікація сільського господарства". Випуск 87. – Глеваха, Національний науковий центр ІМЕСГ, 2003. – С. 60-67.
4. Кардашевский С.В. Высевающие устройства посевных машин (Теоретические основы и модели исследования равномерности, распределения семян). - М.: Машиностроение, 1973. - 175 с.
5. Семенов А.Н. Зерновые сеялки.- М.- Киев: Машгиз, 1959. - 315с.
6. Сошник для разбросного посева / А.В. Рудь, И.О. Мошенко, Ю.Ф. Павельчук, Л.Н. Михайлова / Информационный листок № 16-02 - Хмельницький: ЦНТЭИ, 2002. - 4 с.
7. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В 3 т., т.І. - М.: Колос, 1968. - 720 с.
8. Розподільчі пристрої сошників для підгрунтового-розкидних сівалок. / Рудь А.В., Мошенко І.О., Павельчук Ю.Ф., Жалоба В.М. // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції „Наука і освіта - 2004”. Том 68. Сільське господарство. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2004. – С. 46-49.
9. Технологічні схеми розподільних пристроїв сошників для підгрунтового-розкидних сівалок / А.В. Рудь, В.Павельчук Ю.Ф., В.М. Жалоба, І.О. Мошенко, Л.М. Михайлова. / Збірник наукових праць // За редакцією доктора с.-г. наук, професора, академіка Міжнародної Академії наук екології і безпеки життєдіяльності, ректора університету М.І. Бахмата. - Кам'янець-Подільський, 2004. - С. 344-347.
10. Результати експериментальних досліджень робочих органів для гексагональної сівби. // Рудь А.В., Павельчук Ю.Ф., Жалоба В.М. // Збірник праць XIII Міжнародної науково-теоретичної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві». м. Глеваха, Інститут механізації та електрифікації сільськогосподарського виробництва. 11-14 жовтня 2005 року. – С. 13.
11. Патент на корисну модель №31824. Україна, МПК А 01 С7/20 (2007.01). „Сошник” Жалоба В.М., Рудь А.В., Павельчук Ю.Ф., Михайлова Л.М. (Україна). - Заяв. 3 грудня 2007 р.; Опубл. 25.04.2008. Бюл. №8.
12. Кардашевский С.В. Методы обработки экспериментальных данных при испытаниях сельскохозяйственной техники. - М.: Всесоюзн. Объединение Согазсельхозтехника" Сов. Мин. СССР, 1972. - 34 с.

Одержано 10.03.2009 р.