

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОГО  
СОШНИКА ДЛЯ СТРІЧКОВОГО ПОСІВУ  
ЗЕРНОВИХ ТА ВНЕСЕННЯ ПОВНИХ ДОЗ  
МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ПОСІВНОГО КОМПЛЕКСУ**

Сербій В. К., к. т. н.,

*ННЦ «ІМЕСГ»*

Михайленко О. Ю., інж.,

Антонова Г. В., інж.,

Чаплінський А. П., інж.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
ім. Д. Моторного*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – на підставі аналітичного огляду конструкцій робочих органів для одночасного обробітку ґрунту, висіву насіння, внесення стартових та основних добрив обґрунтовано перспективну схему і комбінацію робочих органів, сформульовані загальні вимоги до їх роботи при виконанні сучасних технологій «Mini-Drill» та «Strip-Drill». Отримано залежності з визначення швидкості руху насіння по розподільнику сошника і необхідної висоти його розміщення відносно поверхні ґрунту для забезпечення виконання агротехнологічних умов.

**Ключові слова** – сошник, комбінована операція, посів, внесення добрив, посівний комплекс, методика.

*Вступ.* Вирішальною умовою низькозатратного виробництва продукції в рослинництві є використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів високої адаптивності, що забезпечують найбільш сприятливі умови розвитку насіння і рослин при заощадливих впливах. Останнє досягається мінімальною обробкою ґрунту, суміщенням операцій і скороченням числа проходів, за умови застосування достатнього для конкретних умов набору робочих органів. Перехід від інтенсивного, багатоопераційного обробітку ґрунту до маловитратного, комбінованого з посівом і внутрішньоґрунтового внесення добрив, відповідає світовим тенденціям розвитку рослинництва [1-3].

Нижче наводиться структурна схема функціонування ґрунтообробно-удобрювально-посівного агрегату (рис. 1).

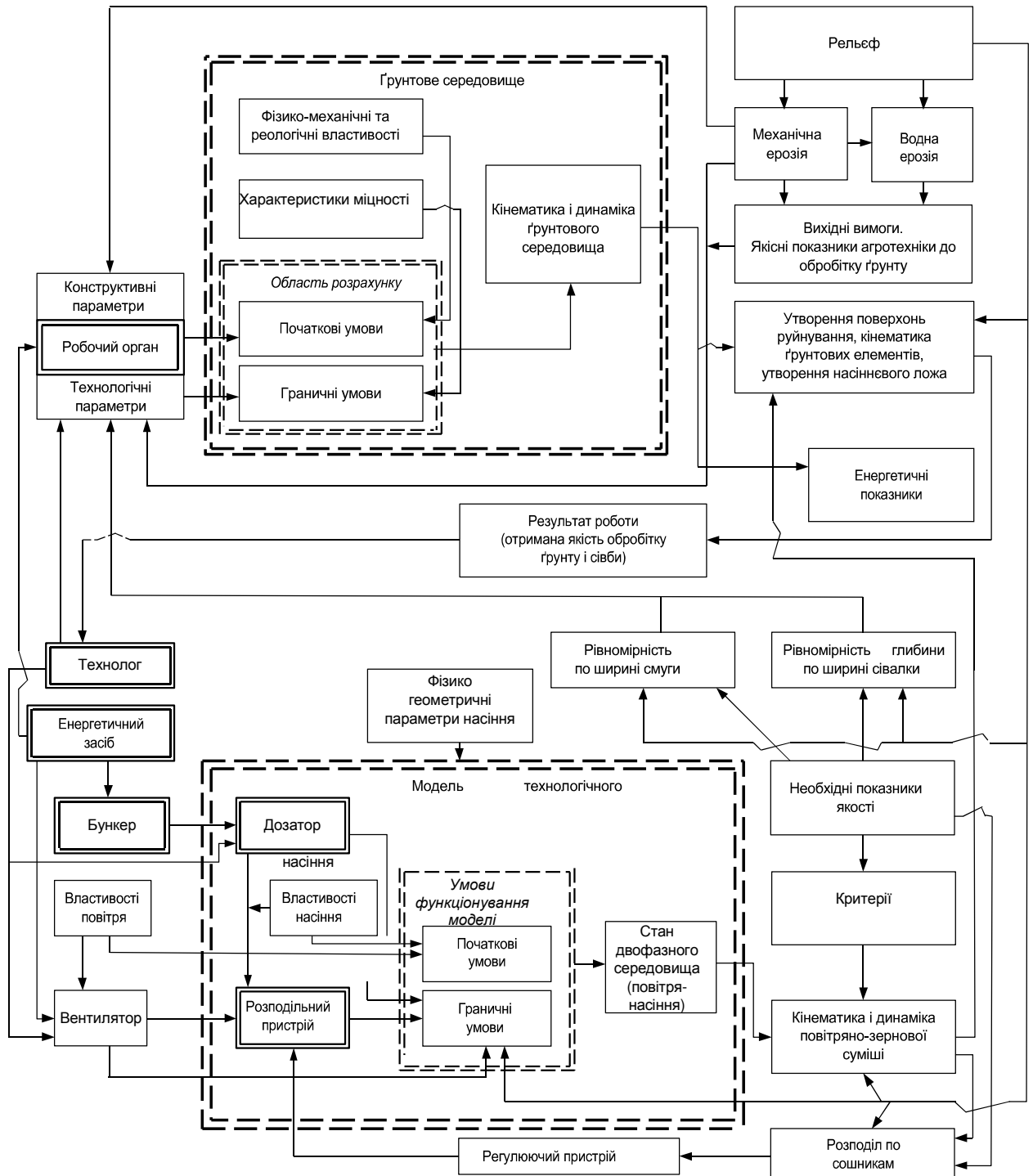


Рис. 1. Структурна схема функціонування ґрунтообробно-удобрювально-посівного агрегату

Всі структурні зв'язки функціонування ґрунтообробно-посівної машини представляють собою алгоритм реалізації моделі технологічного процесу обробітку ґрунту, внесення добрив і посіву насіння.

З метою комплексного вирішення проблем обробітку ґрунту, внутрішньоґрунтового внесення добрив і посіву, необхідно розробити

математичну модель для вирішення проблеми забезпечення взаємокоординованого високоточного розміщення насіння і повних доз мінеральних добрив.

*Результати досліджень.* Сошник є одним з основних робочих органів будь-якої посівної машини, що безпосередньо бере участь у процесі борозноутворення і розподілу насіннєвого матеріалу в ґрунті. Вибір тієї чи іншої конструкції сошника істотно впливає на якість посіву, а в кінцевому рахунку, на отримання високих і сталих врожаїв [4].

Сошники, які застосовуються в даний час на сівалках, можна класифікувати: за принципом дії і за технологічним принципом.

За принципом дії, сошники можна розділити на дві групи: поступального руху (наральникові) і обертального руху (дискові) [5].

За технологічним принципом, сошники поділяють на три групи: сошники з тупим, прямим і гострим кутом входження в ґрунт.

Основний недолік сошників кілевидного типу полягає в необхідності ретельної підготовки ґрунту перед посівом для забезпечення рівномірності ходу робочих органів. Переваги всіх дискових сошників полягають у вільному їх проникненні крізь рослинні залишки, відсутності ущільнення ґрунту як біля основи, так і з боків посівної борозни. Однак, слід звернути увагу на те, що односторонні сошники працюють несиметрично, вони постійно відчувають односторонній тиск [6].

У трубчастого сошника, як стверджують багато дослідників, рівномірність глибини ходу нижче, ніж у дискових.

Анкерний тип сошника ефективно працює на полях, оброблюваних відповідно до традиційної та ресурсозберігаючої технологій, що забезпечується високою стійкістю сошника і характерним кутом входження в ґрунт.

Застосування комбінованих лапових сошників на посівних машинах дає можливість здійснення роздільного внесення добрив і насіння, що дозволяє проводити посів за традиційною, мінімальною і нульовою технологіями, поліпшити рівномірність забезпечення рослин живленням і вологою, скоротити терміни посівної кампанії і витрати праці.

Розглянемо процес утворення борозни для міндобрив, насіннєвого ложе і розподілу технологічного матеріалу в ґрунті.

Сошник повинен забезпечувати стрічковий посів зернових культур одночасно з стартовою дозою міндобрив на глибину 20-40 мм (рис. 3) з шириною рядку в стрічці 50-60 мм (рис. 2) та відстанню між рядками однієї стрічки 70-80 мм. В міжрядному просторі стрічки на глибину 30-50 мм нижче від рівня розташування насіння закладається основна доза міндобрив.

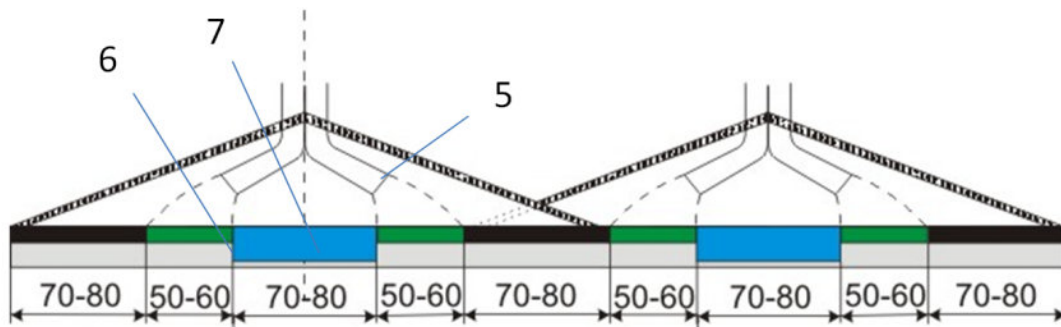


Рис. 2. Схема смугового способу посіву

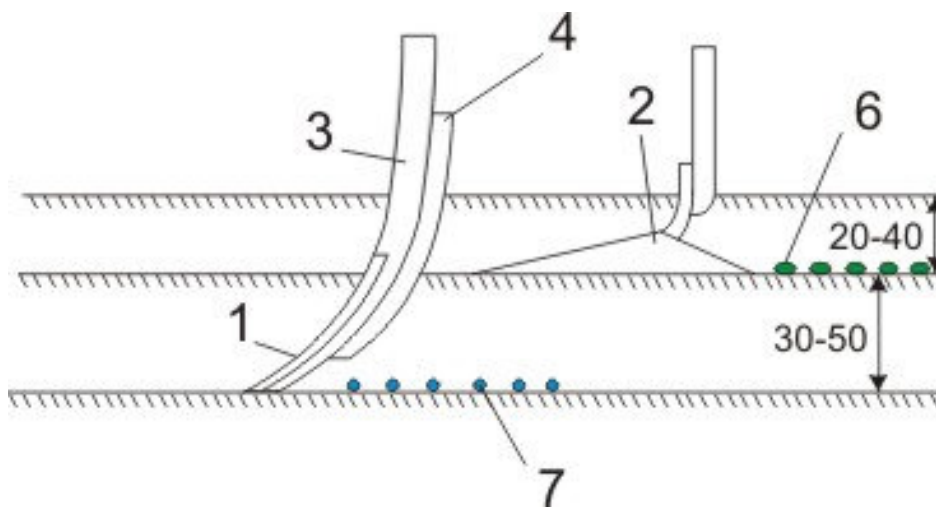


Рис. 3. Технологічний процес різноглибинного внесення добрив та сівби насіння: 1 – долото; 2 – лапа; 3 – стійка; 4 – розподільник добрив; 5 – розподільник насіння; 6 – насіння; 7 – добрива

Аналітично дослідимо насіннепровід комбінованого сошника, який складається з 3-х зон: 1 – зона роздвоєння потоку та відцентрового руху насіння; 2 – зона вільного скату насіння; 3 – зона вільного падіння насіння (рис. 4).

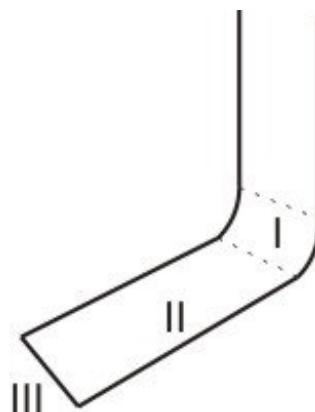


Рис. 4 – Схема насіння-тукопроводу сошника

Розглянемо рух насіння у першій зоні сошника (рис. 5).

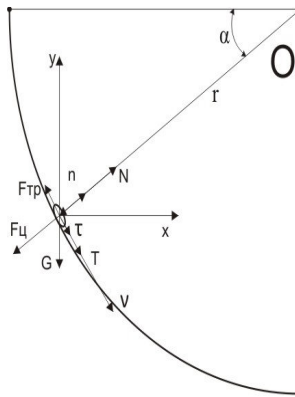


Рис. 5. Рух насіння по криволінійній ділянці першої зони насіннепроводу сошника

З 2-го закону динаміки

$$m \cdot \vec{a} = G + N + F_{\text{тр}} + F_{\text{ц}} \quad (1)$$

отримаємо:

$$\begin{cases} \tau: m \cdot a_{\tau} = G \cdot \cos(\alpha) - F_{\text{тр}} \\ n: 0 = N - G \cdot \sin(\alpha) - F_{\text{ц}} \end{cases} \quad (2)$$

Запишемо рівняння (2) у диференціальній формі:

$$\begin{cases} m \cdot \frac{d\vartheta}{dt} = G \cdot \cos(\alpha) - F_{\text{тр}} \\ m \cdot \frac{\vartheta^2}{r} = N - G \cdot \sin(\alpha) \end{cases} \quad (3)$$

Після диференціювання рівняння (3) та проведення перетворень отримаємо:

$$\vartheta = \vartheta_0 + g \cdot t \cdot \cos(\alpha) - f \cdot t \cdot \left( \frac{\vartheta^2}{r} + g \cdot \sin(\alpha) \right) \quad (4)$$

Так як,  $t = \frac{L}{\vartheta}$ ,  $L = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{4} = \frac{\pi \cdot r}{2}$  звідки  $t = \frac{\pi \cdot r}{2 \cdot \vartheta}$ .

Отримаємо остаточний вигляд рівняння швидкості насіння по першій зоні насіннепроводу:

$$u := \frac{u_0 + \sqrt{u_0^2 + 2 \cdot \pi \cdot g \cdot r \cdot \cos(\alpha) + \pi^2 \cdot f \cdot g \cdot r \cdot \cos(\alpha) - \pi^2 \cdot f^2 \cdot g \cdot r \cdot \sin(\alpha) - 2 \cdot \pi \cdot f \cdot g \cdot r \cdot \sin(\alpha)}}{\pi \cdot f + 2} \quad (5)$$

Насіння вилітає з пневмотранспортуючої системи зі швидкістю  $\vartheta_0 = 18 \dots 20$  м/с (по Кочіну).

Завдамо початкові умови  $v_0 := 20$  м/с,  $f := 0.5$ ,  $r := 0.03$  м,  $\alpha := 90 \frac{3.14}{180}$  рад,  $g := 9.8$  м/с<sup>2</sup>.

Після підстановки початкових даних у рівняння (5) отримаємо, що швидкість насіння на виході з першої зони становить  $\vartheta = 11,2$  м/с. Розглянемо рух насіння у 2-й зоні насіннепроводу (рис. 6).

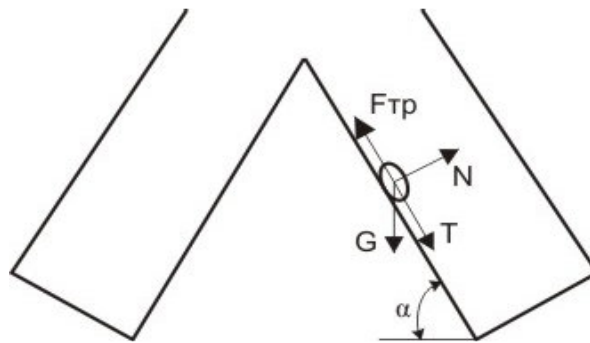


Рис. 6. Схема руху насіння по другій зоні насіннепроводу сошника

Запишемо рівняння руху насіння у природній формі:

$$m \cdot \ddot{x} = T - F_{\text{тр}} . \quad (6)$$

Проінтегрувавши диференційне рівняння

$$\int \frac{d\vartheta}{g} = \int (\sin(\alpha) - f \cdot \cos(\alpha)) dt , \quad (7)$$

отримаємо

$$\vartheta = \vartheta_0 + g \cdot t \cdot \sin(\alpha) - g \cdot t \cdot f \cdot \cos(\alpha) + C_1 . \quad (8)$$

Виразимо  $t$  через  $\frac{L_p}{\vartheta}$ .

Отримаємо закономірність зміни швидкості насіння в насіннепроводі сошнику для 2-ої зони

$$\vartheta = \frac{1}{2} \left( \vartheta_0 + \sqrt{\vartheta_0^2 + 4 \cdot g \cdot L_p \cdot \sin(\alpha) - 4 \cdot g \cdot L_p \cdot f \cdot \cos(\alpha)} \right) . \quad (9)$$

Завдамо початкові умови  $v_0 := 11,2$  м/с,  $f := 0,5$ ,  $L_p = 0,05$  м,  $\alpha :=$

$53 \frac{3.14}{180}$  рад,  $g := 9.8$  м/с<sup>2</sup>.

Після підстановки початкових даних у рівняння (9) отримаємо, що швидкість насіння на виході з другої зони становить  $\vartheta = 11,22$  м/с.

Розглянемо переміщення насіння у 3-й зоні (рис. 7).

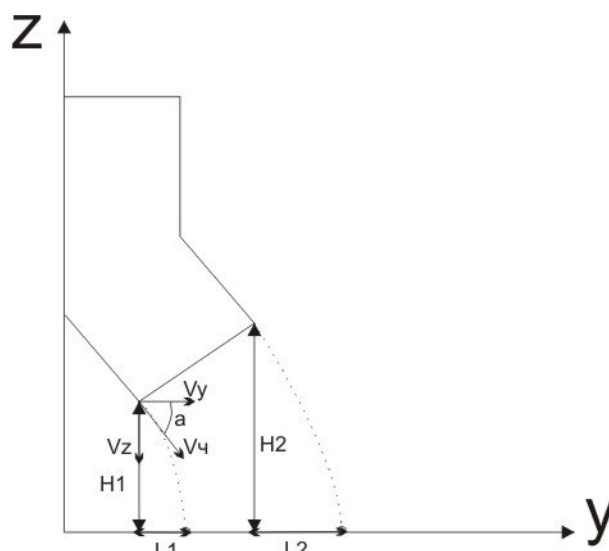


Рис. 7. Схема руху насіння по другій зоні насіннепроводу сошника

Складемо рівняння швидкості руху насіння у координатній формі

$$\begin{cases} \vartheta_y = \vartheta_{\text{ч}} \cdot \cos(\alpha) \\ \vartheta_z = \vartheta_{\text{ч}} \cdot \sin(\alpha) + g \cdot t \end{cases} \quad (10)$$

та диференціальній

$$\begin{cases} \dot{y} = \vartheta_{\text{ч}} \cdot \cos(\alpha) \\ \dot{z} = \vartheta_{\text{ч}} \cdot \sin(\alpha) + g \cdot t \end{cases} \quad (11)$$

Продиференціювавши систему рівнянь (11), отримаємо залежність зміни координат від часу:

$$y = \vartheta_{\text{ч}} \cdot t \cdot \cos(\alpha) + C_1 \quad (12)$$

$$z = \vartheta_{\text{ч}} \cdot t \cdot \sin(\alpha) + \frac{g \cdot t^2}{2} + C_2 \quad , \quad (13)$$

де константна інтегрування дорівнює  $C_1 = y_0, C_2 = z_0$ .

Знайдемо значення необхідної висоти розміщення вихідного кінця насіннепроводу  $H1$ , щоб ширина насінневого рядка дорівнювала 50 мм.

Для цього складемо систему рівнянь (14) та (15)

$$\begin{cases} L_1 = \vartheta_{\text{ч}} \cdot t_1 \cdot \cos(\alpha) \\ t_1 = \frac{\sqrt{V^2 \cdot \sin^2(\alpha) + 2 \cdot H \cdot g} - V \cdot \sin(\alpha)}{g} \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} L_2 = v_{\text{ч}} \cdot t_2 \cdot \sin(\alpha) + \frac{g \cdot t_2^2}{2} \\ t_2 = \frac{\sqrt{V^2 \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot H \cdot g} + 2 \cdot Lv \cdot g \cdot \cos(\alpha) - V \cdot \sin(\alpha)}{g} \\ H_2 = L_B \cdot \cos(\alpha) + H_1 \end{cases} \quad (15)$$

Побудувавши з систем (14) та (15) умову (16) відповідності конструктивних параметрів сошника, що забезпечує виконання технологічних вимог, щодо ширини рядка в смузі 50 мм виразимо з останньої рівняння знаходження висоти розміщення вихідного кінця насіннепровода  $H1$  (17).

$$\left[ a - 0.05 = V \cdot \cos(\alpha) \cdot \left[ \left( \frac{\sqrt{V^2 \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot H \cdot g} - V \cdot \sin(\alpha)}{g} \right) - \left( \frac{\sqrt{V^2 \cdot \sin(\alpha)^2 + 2 \cdot H \cdot g} + 2 \cdot Lv \cdot g \cdot \cos(\alpha) - V \cdot \sin(\alpha)}{g} \right) \right] \right] \quad (16)$$

Звідки

$$H1 := \frac{2400.0a^{2.0} \cdot g^{2.0} + 160000.0a^{4.0} \cdot g^{2.0} - 80.0a \cdot g^{2.0} + g^{2.0} - 32000.0a^{3.0} \cdot g^{2.0} + 640000.0Lv^{2.0} \cdot V^{4.0} \cdot \cos(\alpha)^6 - 1600.0V^{4.0} \cdot \cos(\alpha)^2 \cdot \sin(\alpha)^2 - 640000.0V^{4.0} \cdot a^{2.0} \cdot \cos(\alpha)^2 \cdot \sin(\alpha)^2}{(3200.0V^{2.0} \cdot g \cdot \cos(\alpha)^2 + 1.28e6V^{2.0} \cdot a^{2.0} \cdot g \cdot \cos(\alpha)^2 - 128000.0V^{2.0} \cdot a \cdot g \cdot \cos(\alpha)^2)^{1.0}} + \frac{64000.0V^{4.0} \cdot a \cdot \cos(\alpha)^2 \cdot \sin(\alpha)^2 - 1600.0Lv \cdot V^{2.0} \cdot g \cdot \cos(\alpha)^3 - 640000.0Lv \cdot V^{2.0} \cdot a^{2.0} \cdot g \cdot \cos(\alpha)^3 + 64000.0Lv \cdot V^{2.0} \cdot a \cdot g \cdot \cos(\alpha)^3}{(3200.0V^{2.0} \cdot g \cdot \cos(\alpha)^2 + 1.28e6V^{2.0} \cdot a^{2.0} \cdot g \cdot \cos(\alpha)^2 - 128000.0V^{2.0} \cdot a \cdot g \cdot \cos(\alpha)^2)^{1.0}} \quad (17)$$

Завдамо початкові умови  $v_0 := 11,22$  м/с,  $f := 0,5$ ,  $\alpha := 53 \frac{3.14}{180}$  рад,  $a=0,04$  м,  $a := \sin(\alpha) \cdot Lv$ ,  $g := 9,8$  м/с<sup>2</sup>.

Після підстановки початкових даних у рівняння (17) отримаємо, що висота розміщення вихідного кінця насіннепровода  $H1$  повинна становити  $H1 = 0.035$  м при встановлених вище початкових умовах.

*Висновки.*

1. На підставі аналітичного огляду конструкцій робочих органів для одночасного обробітку ґрунту, висіву насіння, внесення стартових та основних добрив обґрунтовано перспективну схему і комбінацію робочих органів, сформульовані загальні вимоги до їх роботи при виконанні сучасних технологій «Mini-Drill» та «Strip-Drill». Сошник у вигляді стрілчастої лапи з анкерним підживлюючим ножем повинен забезпечувати смуговий висів насіння зернових культур одночасно з внесенням стартової дози гранульованих міндобрив на глибину 20-40 мм двома смугами шириною 50-60 мм та відстанню між смугами 70-80 мм. Між смугами насіння і стартових добрив закладається вузькою стрічкою основна доза міндобрив, при цьому на 30-50 мм нижче від рівня розташування насіння (технологія «Mini-Drill»), або двома шарами, що глибше від насіння на 30-50 мм та на 150-200 мм (технологія «Strip-Drill»).



2. Визначено висоту розміщення висівного отвору комбінованого сошнику, яка становить 35 мм від рівня поверхні землі при діаметрі вихідного вікна 40 мм і куті між каналами розподільника 53°.

Література:

1. *Крючков М. М., Потапова Л. В., Лукьянова О. В.* Применение почвообрабатывающих и посевных комбинированных агрегатов в условиях Рязанской области: монография. Рязань, 2013. 158 с.

2. *Завора В. А., Выставкин С. Б.* К вопросу обоснования рационального варианта почвообрабатывающего посевного комплекса агропредприятия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 2. С. 66-69.

3. *Вильямс В. Р.* Основы земледелия: монография. Москва, 1948. 195 с.

4. *Горохов П. В.* Сопоставимость показаний твердомера // Земледелие. 1986. № 4. С. 41-47.

5. *Гусев В. М., Кузнецов Б. Ф., Бондаренко Ю. Н.* Сеялки для пропашных культур // Тракторы и сельхозмашины. 1985. № 3. С. 43-45.

6. *Гниломедов В. Г., Гужин И. Н.* Использование теории многофакторного планирования при разработке распределителя семян сошника для подпочвенного разбросного посева зерновых культур // Актуальные инженерные проблемы АПК в XXI веке: сб. науч. тр. инженерной секции Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию Самарской ГСХА. Самара, 2004. С. 203-206.

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОМБИНИРОВАННОГО СОШНИКА ДЛЯ ЛЕНТОЧНОГО ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ И ВНЕСЕНИЯ ПОЛНОЙ ДОЗЫ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ПОСЕВНОГО КОМПЛЕКСА**

Сербий В. К., Михайленко Е. Ю., Антонова Г. В., Чаплинский А. П.

**Аннотация** – на основании аналитического обзора конструкций рабочих органов для одновременной обработки почвы, посева семян, внесения стартовых и основных удобрений обоснованно перспективную схему и комбинацию рабочих органов, сформулированы общие требования к их работе при выполнении современных технологий «Mini-Drill» и «Strip-Drill». Получены зависимости по определению скорости движения семян по распределителю сошника и необходимой высоты его

**размещения относительно поверхности почвы для обеспечения выполнения агротехнологических условий.**

**GROUNDING OF PARAMETERS OF COMBINED  
OIL FOR RIBBED GRAIN AND INFLUENCE OF FULL DOSES  
OF MINERAL DEFINITIONS IN THE  
COMBINED COMPLEX**

V. Serbiy, O. Mykhailenko G. Antonova A. Chaplinskyi

*Summary*

**Based on the analytical review of structures of working bodies for simultaneous soil cultivation, seeding, introduction of seed and main fertilizers, the prospective scheme and a combination of working bodies have been substantiated, general requirements for their work have been formulated with the implementation of modern technologies Mini-Drill and Strip-Drill» Dependences were obtained on determining the speed of the seed at the distributor of the coil and the required height of its placement relative to the surface of the soil to ensure the implementation of agrotechnological conditions.**

**The researches made it possible to draw the following conclusions:**

**1. On the basis of the analytical review of the structures of working bodies for simultaneous cultivation of soil, sowing of seeds, application of starter and basic fertilizers, the perspective scheme and combination of working bodies are grounded, the general requirements for their work in the performance of modern technologies "Mini-Drill" and "Strip-Drill" are formulated. The coulter in the form of a paw with an anchor feeder knife should provide a strip sowing of cereal seeds simultaneously with the introduction of a starting dose of granular fertilizers to a depth of 20-40 mm by two strips 50-60 mm wide and 70-80 mm apart. Between the strips of seed and the starting fertilizer, a basic tape of the fertilizer is laid down with a narrow strip, with 30-50 mm below the level of the seed placement (Mini-Drill technology), or two layers deeper than the seeds by 30-50 mm and 150 -200 mm (Strip-Drill technology).**

**2. The height of the sowing hole of the combined coulter, which is 35 mm from the level of the surface of the earth at the diameter of the exit window 40 mm and the angle between the channels of the distributor 53°, is determined.**