

УДК 621.87

**Б. Гевко<sup>1</sup>, докт. техн. наук; І. Ткаченко<sup>1</sup>, кан. тех. наук;  
Р. Лотоцький<sup>1</sup>, аспірант; Ю. Павельчук<sup>2</sup>, канд. техн. наук**

<sup>1</sup>Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

<sup>2</sup>Подільський державний агротехнічний університет

## **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОДНОЗЕРНОВОГО ВИСІВУ НАСІННЯ ДИСКОВИМ АПАРАТОМ**

*Резюме.* Розроблено математичну модель однозернового висіву насіння дисковим комірчастим апаратом, який встановлено вертикально. Представлено розрахункову схему для визначення сили виштовхування зернин з висівного апарата й наведено аналітичні залежності для визначення складових сил виштовхування, сил тертя, обертового моменту, а також швидкість виштовхування зернин з висівного апарата визначено за формулою згідно з планом швидкостей.

*Ключові слова:* висівний диск, зернина, клин.

**B. Hewko, I. Tkachenko, R. Lototskyi, Y. Pavelchuk**

## **THE MATHEMATICAL MODEL OF SINGLE-SEEDING BY DISK SOWING DEVICE**

*Summary.* Cereals, spikes and industrial crops play an important role in the structure of the crop sector of Ukraine supplying population with the foodstuff and industry with primary products. Wide use of high productivity variants of drain crops and organs of grain crops, introduction of the efficient and resource-saving cultivation is very important at the stage of setting up the agricultural sector. For the last seven years in Ukraine the average gross grain harvest equaled 29.2 million tons with the total demand of 40 - 45 million tons. Therefore, at the current stage of the national agricultural reform reestablishment the varying use of high productivity sorts of crops and the introduction of intensive and energy-saving technologies of their cultivation is very important.

The dynamic model of single-seeding by the vertically installed disk cell machine is proposed. The essence of the design is that in the middle of the outer cylindrical part of the removable ring for different seed sizes being replaced while changing the sowing seeds, in the radial direction the ring groove, the depth of which being equal to or greater than the maximum size of grain, is made. The seeds interact with the pushing surface of the wedge mounted rigidly in the stationary body with the possibility of being relatively replaced. The sharp ring of the wedge is set under the cell disk at the angle towards the direction of the disk rotation, its position being adjusted. The essential feature of the sell disk is the fact that on the external diameter of the basis the external removable ring is set rigidly, which is changed dependently on the size of the sowing material seeds. The calculation scheme for finding the seeds pushing power from the sowing machine is developed. The analytical dependences for finding the pushing forces components: friction forces, torque are presented as well as seed pushing speed from the sowing machine is found according to the formula of the speeds plan. The analytical dependence for finding the productivity of the seeding machine and the seeder in general is proposed. Taking advantage of the precise single-seeding the method will make possible to decrease more than in two times the sowing seeds portion and to increase the productivity by 10 - 15% due to the creation of the efficient conditions of the plants feeding during the sprouting and growing.

*Key words:* sowing disk, wedge, seed.

**Умовні позначення:**

$\overline{P}_1$  – сила виштовхування зерна при зачепленні з клином, Н;

$\overline{P}_2$  – сила виштовхування зерна при зачепленні з диском, Н;

$\overline{P}_{in}$  – сила інерції, Н;

$\overline{P}_{1n}$ ,  $\overline{P}_{2n}$  – відповідно нормальні складові рівнодійної реакції поверхонь клина та диска на зернину, Н;

$\overline{F}_{T1}$  – сила тертя при зачепленні зернин із клином, Н;

$\overline{F}_{T2}$  – сила тертя при зачепленні зернин із диском, Н;

$\overline{P}_{об}$  – сила, що виникає від обертання диска, яка направлена по дотичній до радіуса обертання, Н;

$M$  – крутний момент на диску, Нм;

$R$  – радіус розташування зернини, м;

$f_1$  – коефіцієнт тертя між зерниною і клином;  $f_1 = \text{tg}\varphi_1$ , де  $\varphi_1$  – кут тертя між зернинами і поверхнею клина;

$m$  – маса насінини, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$\gamma_1$  – кут при основі канавки на диску;

$\gamma_1$  – кут нахилу клина;

$f_2$  – коефіцієнт тертя між зерниною і канавкою;  $f_2 = \text{tg}\varphi_2$ , де  $\varphi_2$  – кут тертя між зерниною і диском;

$n_d$  – частота обертання диска, об/с;

$V_g$  – швидкість руху зернини у диску, м/с;

$V_g$  – швидкість виштовхування зернини з висівного апарата;

$N$  – продуктивність висівного апарата.

**Постановка проблеми.** В структурі рослинництва України зернові, колоскові й технічні культури займають провідне місце та відіграють основну роль у забезпеченні населення продуктами харчування, а промисловості – сировиною.

За останніх сім років в Україні середньорічний валовий збір зерна становив близько 30 млн. т при загальній потребі 40 – 45 млн. т. Тому на нинішньому етапі реформування аграрного сектора країни важливим завданням є широке застосування високопродуктивних сортів зернових культур та впровадження інтенсивних і ресурсоощадних технологій їх вирощування.

Удосконалення існуючих способів сівби й технічних засобів точного висіву дозволить більш як у два рази зменшити норму висіву, а за рахунок створення оптимальних умов для проростання насіння й розвитку рослин – підвищити врожайність зернових культур на 10 – 15%.

У зв'язку з цим дослідження спрямоване на розроблення технологічного процесу та обґрунтування параметрів механічних апаратів точного висіву насіння (АТВН) технічних і зернових культур на основі ресурсозберігаючих технологій, є актуальним і має важливе народногосподарське значення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанню однозернового висіву насіння присвячені праці Басіна В.С., Брея В.В., Погорілого Л.В. [1], Бойка А.І. [2], Гевка Б.М. [3], Заїки П.М. та багатьох інших. Найнадійнішими висівними апаратами однозернового висіву є механічні апарати, а пневматичні мають низьку експлуатаційну надійність і довговічність [1]. Тому тема є актуальною і має важливе народногосподарське значення.

**Мета роботи** – забезпечення реалізації однозернового висіву насіння апаратами механічної дії з вертикальним розміщенням комірчастого висівного диска з визначенням силових, технологічних і конструкційних параметрів.

**Реалізація роботи.** Конструктивно-технологічний аналіз висівних апаратів для координатно-однозернового висівання насіння зернових колоскових і технічних культур показав [6], що на сьогодні ще не створено високопродуктивні та надійні апарати. Найперспективнішим і базовим для подальшого вдосконалення є висівні апарати з висівним диском, радіальними відкритими пазами по зовнішньому діаметру.

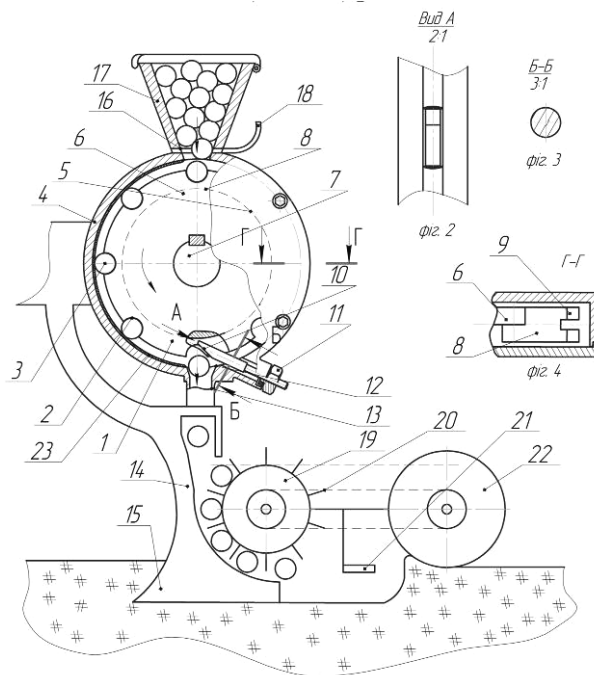


Рисунок 1. Дисківий апарат точного висіву насіння

Figure 1. Disc machine for precise seeding

Однозерновий апарат висіву насіння з точним розміщенням зернин у ґрунті виконано у вигляді вертикального комірчастого диска 1, в якому рівномірно по зовнішньому діаметру виконані комірчки 2, форма і розміри яких відповідають зовнішнім параметрам зернин 3, які в них розміщені. Вертикальний комірчастий диск встановлено у внутрішній циліндричний отвір закритого корпусу 4 з можливістю кругового відносного провертання. Зазор між зовнішнім діаметром вертикального комірчастого диска 1 і внутрішнім діаметром отвору кожуха 4 є меншим габаритних параметрів зернин 3, які розміщені у них. Вертикальний комірчастий диск 1 у корпусі закритий кришкою 5.

Вертикальний комірчастий диск виконано у вигляді основи 6, що жорстко встановлена на приводному валу 7, який встановлено на підшипниках у кожусі 4 (на кресленні не показано). На зовнішній діаметр основи жорстко відомим способом закріплено змінне зовнішнє циліндричне кільце 8 з комірчками 2. В разі потреби зміни висівного матеріалу зовнішнє кільце з комірчками міняють на інше, в якому розміри комірок відповідають розмірам висівних зернин. Посередині зовнішньої циліндричної частини змінного циліндричного кільця в радіальному напрямку виконано кільцеву канавку 9 глибиною, що дорівнює або більша максимального розміру зернини 3, яка є у

взаємодії з виштовхувальною поверхнею клина 10 з можливістю відносного переміщення. Клин жорстко закріплено в закритому кожусі 4 відомим способом і гострим кінцем встановлено під кутом у бік напрямку руху вертикального комірчастого диска 1 з можливістю регулювання його положення пробкою 11.

Крім цього кожух 4 жорстко закритий кришкою і жорстко закріплений до рами сівалки (на кресленні не показано).

В нижній частині по центру вертикального комірчастого диска 1 в кожусі 4 виконано патрубок 12 з наскрізним отвором 13, який є більший максимальних розмірів зерен. По зовнішньому діаметру знизу патрубок 12 є у жорсткій взаємодії з насіннепроводом 14. Знизу жорстко закріплена горловина з сошником 15. Згори по центру вертикального циліндричного кожуха 4 виконано наскрізний отвір 16 для подачі насіння в комірки 2 вертикального комірчастого диска 1 з бункера 17 з шибером 18, які жорстко закріплені до циліндричного корпусу і рами (на кресленні не показано).

Привод вертикального комірчастого диска 1 здійснюється від приводного вала 7 відомим способом. Бункер 17 згори закритий кришкою з можливістю відкривання за допомогою петель відомої конструкції.

Для точного розміщення зернин 3 у ґрунті використовують диск 19 з еластичними лопатками 20, які розміщені рівномірно по колу. На лопатки попадають насінини, яким надають швидкість, що дорівнює швидкості сівалки. Насіння з нульовою горизонтальною швидкістю випадає на дно канавки в ґрунт на відповідну глибину, нарізану сошником 15. Канавка загортається загортачами 21, а ґрунт ущільнюється опорно-копіювальним-приводним колесом 22.

Для захисту зернин від травмування й отримання мікротріщин у лівій половині внутрішнього циліндра кожуха встановлено повстяне півкільце 23, яке жорстко з'єднано з ним відомим способом. Повстяне півкільце внутрішнім діаметром є у взаємодії з зернинами 3, які переміщуються у зону вивантаження. Вони таким чином захищені від пошкодження, особливо в умовах великих динамічних навантажень сівалок під час висівання насіння.

Для визначення сили виштовхування зернин із висівного апарата розглянемо рис. 2

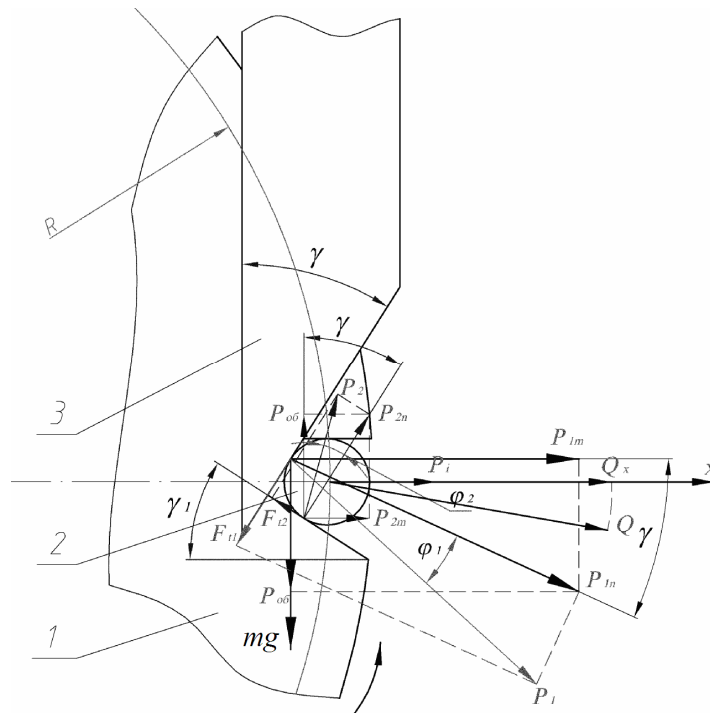


Рисунок 2. Розрахункова схема для визначення сили виштовхування зернин з висівного апарата:  
1 – висівний диск; 2 – зернина; 3 – клин

Figure 2. Analytical model for finding the seeds pushing force from the sowing machine:  
1 – sowing disc; 2 – seed; 3 – wedge

Величину сили виштовхування зернин в насіннепровід визначено за формулою

$$\bar{Q} = \bar{P}_1 + \bar{P}_2 + \bar{P}_m. \quad (1)$$

Складові сил виштовхування  $\bar{P}_1$  і  $\bar{P}_2$  визначено за залежностями

$$\left. \begin{aligned} \bar{P}_1 &= \bar{P}_{1n} + \bar{F}_{T1} \\ \bar{P}_2 &= \bar{P}_{2n} + \bar{F}_{T2} \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Складову сили  $P_{1n}$  визначено за залежністю

$$P_{1n} = P_{ob} / \sin \gamma. \quad (3)$$

Сила від дії диска дорівнює

$$P_{ob} = \frac{M}{R}. \quad (4)$$

Силу тертя зернин  $F_{T1}$  визначено за залежністю

$$F_{T1} = P_{1n} \cdot f_1. \quad (5)$$

Складова сила  $P_{2n}$  дорівнює

$$P_{2n} = \frac{P_{ob} + mg}{\cos \gamma_1}. \quad (6)$$

Силу тертя  $P_{2n}$  визначено за залежністю

$$P_{2n} = \frac{P_{ob} + mg}{\cos \gamma_1}. \quad (7)$$

Сила інерції дорівнює

$$P_i = 4 \cdot \pi^2 n_0^2 \cdot m \cdot R. \quad (8)$$

Проекції для визначення складових сил  $\bar{P}_1$ ,  $\bar{P}_2$ ,  $\bar{P}_i$ ; на вісь  $x$  зображено на рис. 3.

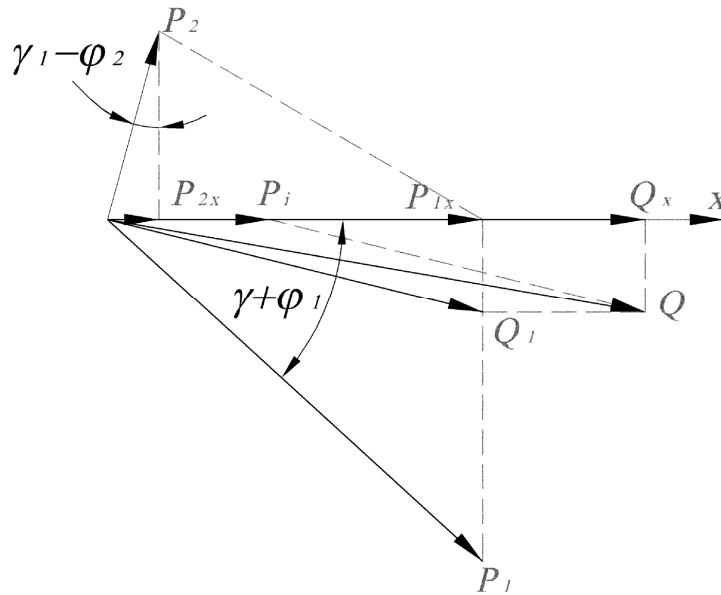


Рисунок 3. Розрахункова схема дії сил у зоні виходу з висівного апарата

Figure 3. Analytical model of forces in the exit area from the sowing machine

Проекції для визначення складових сил на вісь  $x$

$$P_{1x} = P_{1n} \cdot \cos \gamma_1 - Ft_1 \cdot \sin \gamma \quad (9)$$

$$P_{2x} = P_{2n} \cdot \sin \gamma_1 - Ft_1 \cdot \cos \gamma_1 \quad (10)$$

Після відповідних перетворень

$$P_{1x} = \frac{P_{i\dot{a}}}{\sin \gamma} \cdot \cos \gamma - \frac{P_{i\dot{a}}}{\sin \gamma} \cdot f_1 \cdot \sin \gamma_1 \quad (11)$$

$$P_{2x} = \frac{P_{i\dot{a}} + mg}{\cos \gamma_1} \cdot \sin \gamma_1 - \frac{P_{i\dot{a}} + mg}{\cos \gamma_1} \cdot f_2 \cdot \cos \gamma_1 \quad (12)$$

Силу виштовхування в напрямку осі  $x$  визначено за формулою

$$Q = \frac{M}{R} (ctg \gamma - tg \varphi_1 + tg \gamma_1 - tg \varphi_2) + mg (tg \gamma - tg \gamma_1) + 4\pi^2 \cdot n^2 \cdot m \cdot R \quad (13)$$

Швидкість виштовхування зернини з висівного апарата знайдено за формулою згідно з планом швидкостей (рис. 4)

$$V_p = \frac{V_g}{\sin \gamma} \quad (14)$$

$$V_g = 2\pi n R \quad (15)$$

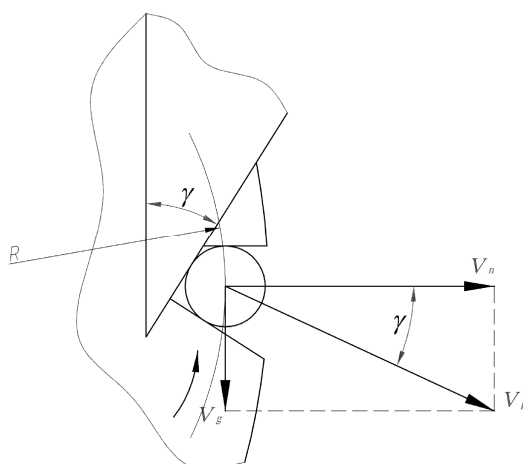


Рисунок 4. План швидкостей виштовхування зернин з висівного апарата

Figure 4. Speeds plan of the seeds pushing from the sowing machine

Підстановкою значення швидкості з рівнянь отримаємо

$$V_g = \frac{2\pi n_d R}{\sin \gamma}. \quad (16)$$

Продуктивність висівного апарата точного висіву визначено за залежністю

$$N = mn_{\dot{a}}. \quad (17)$$

**Висновки.** Представлено нову конструкцію однозернової сівалки механічної дії з покращеними техніко-економічними показниками. Розроблено кінематичну модель однозернового висіву з виведенням силових, конструктивних і технологічних параметрів висівного апарата з вертикальним розміщенням комірчастого диска.

**Conclusion.** The new design of mechanical single-seed sowing machine with the improved technical end economical factors is presented. The kinematic model of single-seed sowing is developed. Power, structural and technological parameters of the sowing machine with vertical placement of the c seell disk are developed.

### Список використаної літератури

1. Басин, В.С. Машины для точного посева промышленных культур, конструирование и расчет [Текст] / В.С. Басин, Л.В. Погорельий. – К.: Техника, 1987. – 157 с.
2. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин [Текст] / А.І. Бойко, М.О. Свірень, С.У. Шмант, М.М. Нажнов. – К.: Техніка, 2003. – 204 с.
3. Гевко, Б.М. Математична модель руху зерна по рухомих поверхнях висівних апаратів [Текст] / Богдан Матвійович Гевко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – № 11. – С. 113 – 118.
4. Заїка, П.М. Теорія сільськогосподарських машин: у 2 т. – Т.1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту [Текст] / П.М. Заїка. – Харків: ОКО, 2009. – 443 с.
5. Морозов І.В. Модель траєкторії руху зерна по поверхнях сільськогосподарських машин [Текст] / І.В. Морозов, О.І. Дудін // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства “Механізація сільськогосподарського виробництва.” – Харків, 2003. – № 21. – С. 124 – 131.
6. Рогатинський, Р.М. Модель контактної взаємодії частинки вантажу з робочими поверхнями сільськогосподарських машин [Текст] / Р.М. Рогатинський та інші. // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства ”Механізація сільськогосподарського виробництва.” – Вип. 21. – Харків: ХДТУСГ, 2003. – С. 222 – 228.

Отримано 06.11.2012