

## IMPROVEMENT OF QUALITY INDICATORS OF SOWING PROCESS

V. Salo\*, B. Vovnianko, S. Leshchenko, P. Luzan

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES

AM  
СМ

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

## ABSTRACT

The overall efficiency of growing agricultural crops is formed by a number of different factors, in particular, qualitative indicators of the performance of technological processes. Special attention is paid to the process of sowing, in particular to its qualitative indicators, including the uniformity of sowing. Uniformity of sowing, further development of plants, as well as formation and harvest of the crop depend on this indicator. Uniformity of seed sowing also depends on many factors, including the design of the coulters and seeding sections. Also, special attention is paid to seeders and their working bodies, which must ensure the given qualitative indicators of the execution of the technological process. One of the known areas of improvement for these implements is to provide them with additional design elements designed to forcibly hold the seeds at a certain depth before it is covered with soil. The purpose of the research is to determine the possibility of increasing the uniformity of seed wrapping in the soil by using wrappers equipped with original additional structural elements. Scientists have proposed several design innovations to solve this problem, but there is no experimental confirmation of their effectiveness. To fill this gap, experimental field studies were conducted on sliding coulters with and without a retention heel. The coefficient of variation of the numerical values of the sowing depth was chosen as an indicator of uniformity. The sowing depth of the coulters and the working speed of the seeder were chosen as factors influencing the process. It was found that the coulters equipped with a heel allows to increase the uniformity of the seed covering by 6%, which is the basis for further researches on the justification and optimization of the design and technological parameters of the proposed coulters elements.

**Key words:**

sowing,  
coulters,  
seeds,  
sowing depth,  
sowing quality

**Article history:**

Received 25.05.2024

Accepted 18.06.2024

**\*Corresponding author:**

salovm@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi50.1398

**To cite this article:**

Salo, V., Vovnianko, B., Leshchenko, S., & Luzan, P. (2024). Improvement of quality indicators of sowing process. *Agricultural Machines*, 50, 113-119. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1398>

УДК 631.331.53:631.33.024.2

**ПОКРАЩЕННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ СІВБИ****В.М. Сало\*, Б.Г. Вовнянко, С.М. Лещенко, П.Г. Лузан***Центральноукраїнський національний технічний університет,  
Кропивницький, Україна*

AGRICULTURAL MACHINES

**АНОТАЦІЯ**

Загальна ефективність вирощування сільськогосподарських культур формується низкою різних чинників, зокрема, якісними показниками виконання технологічних процесів. Особлива увага приділяється процесу сівби, зокрема, його якісним показникам з-поміж яких рівномірність загортання посівного матеріалу. Від цього показника залежить рівномірність сходів, подальший розвиток рослин, а також формування та збирання урожаю. Рівномірність загортання насіння також залежить від багатьох факторів, визначальними з-поміж яких є конструкції сошників та посівних секцій. З-поміж відомих напрямів удосконалення цих робочих органів – їх обладнання додатковими елементами, що призначені для примусового утримування посівного матеріалу на заданій глибині до його засипання ґрунтом. Мета дослідження – встановлення можливості підвищення рівномірності загортання насіння зернових культур у ґрунт шляхом використання загортаючих робочих органів, обладнаних оригінальними додатковими конструкційними елементами. Науковцями запропоновано кілька інновацій для розв'язання задачі, але експериментального підтвердження їх ефективності немає. Для усунення цієї прогалини проведені польові експериментальні дослідження полозкових сошників, що обладнані утримуючою п'яткою та без неї. За показник рівномірності вибрано коефіцієнт варіації числових значень глибини розташування насіння. В якості впливових факторів на процес вибрані установча глибина ходу сошників та робоча швидкість посівного агрегату. Встановлено, що сошник, обладнаний утримуючою п'яткою, забезпечує зростання показника рівномірності загортання насіння на 6%, що є підставою для подальших досліджень з обґрунтування та оптимізації параметрів запропонованих елементів сошників.

**Ключові слова:**

сівба,  
сошник,  
насіння,  
глибина загортання,  
якість сівби

**Історія публікації:**

Отримано 25.05.2024

Затверджено 18.06.2024

**\*Автор для листування:**

salovm@ukr.net

DOI: 10.36910/acm.vi50.1398

**Цитувати цю статтю:**

Сало, В. М., Вовнянко, Б. Г., Лещенко, С. М., & Лузан, П. Г. (2024). Покращення якісних показників процесу сівби. *Сільськогосподарські машини*, 50, 113-119. <https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1398>

## СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Розв'язуючи важливі задачі технічного переоснащення сільського господарства, розробляються нові машини для забезпечення його комплексної механізації. Здебільшого розроблення нових машин спрямоване на підвищення якості виконання технологічного процесу, збільшення робочої ширини захвату та швидкості машин, впровадження автоматизованих систем контролю якості та управління виробничими процесами (*Li et al., 2021*). Особлива увага приділяється саме показникам якості виконання технологічних процесів як ґрунтообробними, так і посівними й садильними машинами, оскільки від їх роботи залежить схожість висіяного зерна, трудомісткість догляду за посівами, а також кінцевий результат – урожай вирощеної продукції (*Войтюк та ін., 2015*).

Для оптимізації цих процесів необхідні суттєві зміни як технології вирощування різних сільськогосподарських культур, так і удосконалення існуючих та розроблення нових сільськогосподарських машин. Особлива увага приділяється саме посівним машинам та їх робочим органам, які мають забезпечувати задані якісні показники технологічного процесу (*Aikins et al., 2019*).

Агротехнічні вимоги до сівби, з-поміж низки параметрів, регламентують показники щодо глибини та рівномірності загортання посівного матеріалу у ґрунт. Виконання цих вимог є досить складною задачею, особливо у випадку вирощування зернових культур з урахуванням існуючих способів сівби: традиційного, який передбачає попереднє якісне підготовлення ґрунту, та прямої сівби з нульовим чи мінімальним підготовленням ґрунту (*Сисолін, 2009; Морозов & Макаренко, 2013; Сало & Лузан, 2017; Conyers et al., 2019*).

Покращенню якісних показників процесу сівби різних сільськогосподарських культур присвячено багато наукових праць і технічних рішень, але задача залишається до кінця нерозв'язаною та потребує продовження пошукових робіт. Дослідження, що спрямовані на удосконалення процесу сівби в напрямі підвищення рівномірності загортання насіння у ґрунт, мають важливе наукове та практичне значення.

Очевидно, що показники валового збору урожаю різних сільськогосподарських культур

залежать від якісних характеристик виконання всіх виробничих процесів, що передбачені технологією їх вирощування (*Булгаков & Горобей, 2016*). Не є винятком і процес сівби. Для сівби з-поміж низки вимог (зокрема, дотримання календарних термінів сівби, визначення стану та підготовлення ґрунту, забезпечення якісного посівного матеріалу, дотримання заданих норм висіву та рівномірності розподілу посівного матеріалу за площею) на особливу увагу заслуговує вимога щодо рівномірності загортання за глибиною посівного матеріалу (*Maleki et al., 2006*). Саме від цього показника залежать дружність сходів, рівномірність розвитку та дозрівання рослин, умови збирання урожаю та втрати готової продукції під час збирання.

Якість виконання технологічного процесу сівби суттєво залежить від його технічного забезпечення. Зазвичай, виконання цього процесу проходить робочими органами сівалок, які називаються сошниками. Сам процес сівби насіння містить кілька операцій: формування борозенки необхідної глибини з ущільненим дном; спрямування посівного матеріалу на ущільнене дно борозенки; довільне осипання ґрунту зі стінок борозенки та часткове закриття насіння; примусове додаткове нагортання ґрунту в зону осі рядка та його ущільнення.

У випадку розведення цих операцій у часі, рівномірність залягання насіння за глибиною цілком би забезпечувалася та залежала від рівномірності переміщення сошників за глибиною. Головною задачею було б укладення насіння на дно борозенки за умови відсутності осипання ґрунту зі стінок і набуття ним стану спокою, але в реальних умовах саме явище осипання ґрунту вносить основні корективи в цей процес. Насіння, яке з певною швидкістю потрапляє на дно борозенки після вертикального польоту, не залишається нерухомим в точці контакту з дном борозенки, а підскакує кілька разів на різну висоту до того, як залишиться нерухомим, зафіксованим ґрунтом. Під час чергового падіння вниз, після відскоку від дна борозенки, насіння, як правило, не потрапляє знову на дно борозенки, а, переважно, опускається на шар ґрунту певної товщини, який покрив дно борозенки у результаті осипання. Як наслідок, сошник формує борозенку заданої глибини, а насіння розташовується в борозенці на різній глибині.

Можлива несприятлива ситуація, коли насіння розташовується за всією глибиною утвореної борозенки. Особливо це явище є характерним для дискових сошників, але воно також притаманне і іншим видам цих робочих органів (Zubko & Kuzina, 2015). Прийнято оцінювати рівномірність розподілу насіння за глибиною залягання коефіцієнтом варіації. В окремих випадках його значення може бути більшим за 70% (Сисолін, 2009). Поширеним способом визначення рівномірності глибини залягання насіння у ґрунті є аналіз рослини у фазі «шильця». Ураховується те, що частина рослини, яка знаходиться у ґрунті, має світле (біле) забарвлення, а наземна частина – зелене. Довжина білої частини стебла відповідає реальній глибині залягання насіння у ґрунті у період визначення показника. Оскільки на початку проростання рослини глибина залягання насіння змінюється внаслідок осідання та ущільнення ґрунту.

**Мета дослідження** – дослідження можливості підвищення рівномірності загортання насіння зернових культур у ґрунт шляхом використання загортаючих робочих органів сівалок, що обладнані додатковими конструкційними елементами.

### МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для досягнення бажаної рівномірності розподілу насіння за глибиною залягання не достатньо забезпечувати дотримання заданої глибини ходу сошників та формування відповідної борозенки. Необхідні додаткові заходи та неординарні рішення, які б забезпечували фіксацію насіння на дні борозенки до засипання її ґрунтом. З-поміж відомих та доступних рішень є технічне, що полягає в обладнанні сошників додатковим конструкційним елементом, який може примусово утримувати насіння на заданій глибині до засипання борозенки ґрунтом (Сисолін та ін., 2003; Шмат та ін., 2005а; Шмат та ін., 2005б; Шмат & Резніченко, 2007; Сало та ін., 2011). Зокрема, це обладнання сошників утримуючою п'яткою. Стверджувати без проведення досліджень, що від таких технічних рішень є позитивний ефект, не можна.

Для розв'язання цієї задачі восени 2023 року на полях фермерського господарства «Злагода» (с. Новогригорівка, Кіровоградська

область) одночасно з виконанням планової сівби озимої пшениці були проведені польові експериментальні дослідження. За показник ефективності роботи сошників було прийнято рівномірність загортання насіння за глибиною борозенки у ґрунті. Числовою оцінкою цього показника був коефіцієнт варіації  $\rho$  (%):

$$\rho = \frac{H}{h_{\text{сер.}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$H = \frac{(h_{\text{сер.}} - h_1) + (h_{\text{сер.}} - h_2) + \dots + (h_{\text{сер.}} - h_n)}{n}, \quad (2)$$

де  $H$  – середнє арифметичне відхилення від середнього значення глибини залягання  $h_{\text{сер.}}$  насіння;  $h_1, h_2, \dots, h_n$  – значення глибини залягання насіння;  $n$  – кількість насіння.

Програма польових досліджень також передбачала визначення залежності параметра оптимізації  $\rho$  – коефіцієнта варіації глибини залягання насіння від глибини ходу сошника сівалки  $X_1$  ( $h_0$  – натуральне значення) та робочої швидкості агрегату  $X_2$  ( $V$  – натуральне значення) (таблиця 1) (Васильковський та ін., 2016). Глибину залягання насіння визначали за світлою (білою) частиною рослин на п'ятий день після їх появи на поверхні ґрунту. Кількість замірів, які проводили на відстані 10 см один від одного за довжиною рядка, була 100. Робочу швидкість налаштовували зміною передач на тракторі та швидкісних режимів у межах однієї передачі. Установчу глибину сошника задавали згідно з рекомендаціями, що зазначені в інструкції з експлуатації зернової сівалки СЗ-3,6. Довжина залікових ділянок становила 15 м. Між заліковими ділянками були розгінні ділянки для виведення агрегату на задану швидкість. Вимірювання глибини виконували після появи сходів. Результати записували у журнал, а їх оброблення проводили в стаціонарних умовах, де було обчислене значення коефіцієнта варіації, яке використовували при статистичному аналізі процесу загортання насіння.

При проведенні польових досліджень були задіяні трактор МТЗ-80 і сівалка СЗ-3,6, на яку, поруч з серійними дисковими сошниками, були встановлені полозкові сошники з тупим кутом входження у ґрунт (рис. 1, а), обладнані утримуючою п'яткою (рис. 1, б), та без неї (рис. 1, в).

Таблиця 1 – Початкові дані для проведення експериментальних досліджень

№	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Глибина ходу сошників ( $h_0$ , мм)	$X_1$	120	40	40
2	Робоча швидкість агрегату ( $V$ , м/с)	$X_2$	3,4	1,4	1,0



а



б



в

Рис. 1 – Технічне забезпечення експерименту:

а – розташування дослідних сошників поряд з іншими на сівалці СЗ-3,6; б – полозковий сошник з утримуючою п'яткою; в – полозковий сошник без утримуючої п'ятки

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати дослідження з визначення залежності коефіцієнта варіації  $\rho$  показника загортання насіння від установчої глибини ходу сошника  $h_0$ , обладнаного утримуючою п'яткою, та робочої швидкості машини  $V$  подані у таблиці 2. Результати дослідження з визначення залежності коефіцієнта варіації  $\rho$  показника загортання насіння від установчої глибини ходу сошника  $h_0$  без утримуючої п'ятки та робочої швидкості машини  $V$  подані у таблиці 3.

Статистичне оброблення результатів проведених експериментальних досліджень дозволило отримати рівняння регресії, що описують зв'язок між параметром оптимізації та впливовими факторами, а також графічну інтерпретацію отриманих рівнянь регресії (рис. 2 та 3):

- для сошника з утримуючою п'яткою:

$$\rho = 11,6743 + 4,6411h_0 + 0,0061V - 0,552h_0^2 - 0,0071h_0V - 0,0004V^2; \quad (3)$$

- для сошника без утримуючої п'ятки:

$$\rho = 26,2881 + 2,205h_0 - 0,0873V - 0,3803h_0^2 - 0,0015h_0V - 6,25 \cdot 10^{-4}V^2. \quad (4)$$

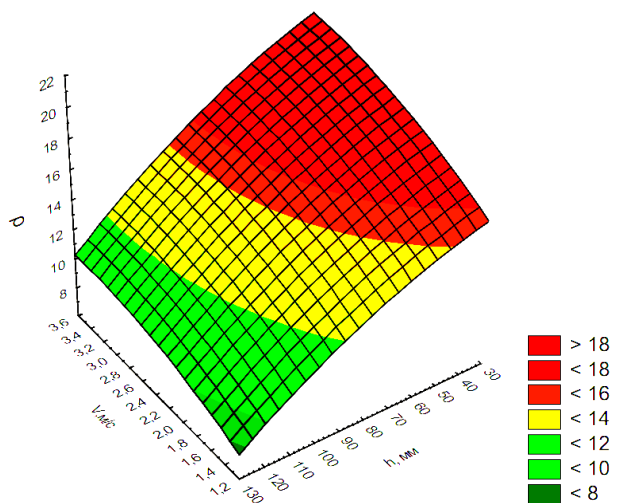
Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що для двох конструкційних варіантів сошників кращий показник рівномірності загортання насіння  $\rho$  можна отримати за максимального значення установчої глибини ходу сошника  $h_0$  (отже, і глибини загортання насіння) та мінімального значенні робочої швидкості агрегату  $V$ . Більший вплив на показник рівномірності загортання насіння має глибина ходу сошників, дещо менший – робоча швидкість. Однак у сукупності ці фактори забезпечують зміну показника рівномірності загортання насіння на 9,7% та 8,5%, відповідно, у випадку використання сошника з п'яткою та без неї. Причому показник якості загортання насіння для сошника, обладнаного п'яткою, кращий, ніж показник роботи сошника без п'ятки. Зокрема, коефіцієнт варіації рівномірності загортання

**Таблиця 2** – Результати визначення залежності коефіцієнта варіації  $\rho$  показника загортання насіння від установчої глибини ходу сошника  $h_0$ , обладнаного утримуючою п'яткою, та робочої швидкості машини  $V$

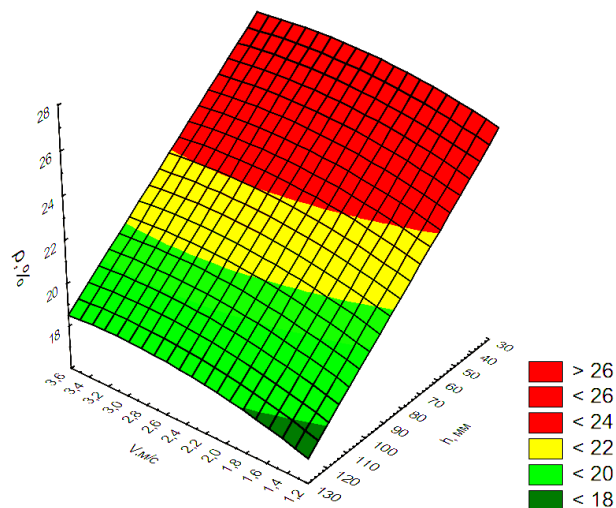
Параметри		Коефіцієнт варіації $\rho$ , %				
$h_0$ , мм		40	60	80	100	120
$V$ , м/с	1,4	15,69	14,80	13,29	11,16	9,40
	1,8	16,73	15,80	14,23	12,05	10,20
	2,2	17,60	16,61	14,99	12,76	10,89
	2,6	18,28	17,24	15,57	13,28	11,37
	3,0	18,78	17,68	15,97	13,02	11,66
	3,4	19,11	17,96	16,18	13,79	11,77

**Таблиця 3** – Результати визначення залежності коефіцієнта варіації  $\rho$  показника загортання насіння від установчої глибини ходу сошника  $h_0$  без утримуючої п'ятки та робочої швидкості машини  $V$

Параметри		Коефіцієнт варіації $\rho$ , %				
$h_0$ , мм		40	60	80	100	120
$V$ , м/с	1,4	24,84	23,10	23,17	19,62	17,88
	1,8	25,41	23,69	23,05	20,24	18,52
	2,2	26,43	24,82	21,36	21,52	19,87
	2,6	25,85	24,15	22,81	20,78	19,04
	3,0	26,18	24,49	22,45	21,12	19,44
	3,4	26,39	24,72	21,96	21,38	19,71



**Рис. 2** – Залежність показника рівномірності загортання насіння за глибиною борозенки  $\rho$  (%) від установчої глибини ходу сошника  $h_0$  та робочої швидкості виконання технологічного процесу  $V$  (для сошника з утримуючою п'яткою)



**Рис. 3** – Залежність показника рівномірності загортання насіння за глибиною борозенки  $\rho$  (%) від установчої глибини ходу сошника  $h_0$  та робочої швидкості виконання технологічного процесу  $V$  (для сошника без утримуючої п'ятки)

насіння для сошника з п'яткою, в межах реальних глибин загортання насіння та робочих швидкостей виконання процесу, знаходиться в межах 9,4–19,11% з середнім значенням 16,16%, порівняно з сошником без п'ятки, для якого цей показник перебуває в межах 17,88–26,39% з середнім значенням показника 22,46%.

### ВИСНОВКИ

Результати досліджень підтверджують високу ефективність використання сошників, обладнаних додатковими конструкційними елементами, зокрема, утримуючою п'яткою. Наявність утримуючої п'ятки в конструкції сошників сівалки з тупим кутом входження у ґрунт забезпечує підвищення рівномірності загортання насіння за глибиною на 6,3%.

Подальші дослідження передбачають отримання аналогічної інформації для різних видів сошників та посівних секцій сівалок з метою доцільності їх удосконалення у запропонований спосіб.

### СПИСОК ПОСИЛАНЬ

- Aikins, K. A., Antille, D. L., Jensen, T. A., & Blackwell, J. (2019). Performance comparison of residue management units of no-tillage sowing systems: A review. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(2), 181-190. <https://doi.org/10.1016/j.eaef.2018.12.006>
- Conyers, M., Rijt, V., Oates, A., Poile, G., Kirkegaard, J., & Kirkby, C. (2019). The strategic use of minimum tillage within conservation agriculture in southern New South Wales, Australia. *Soil and Tillage Research*, 193, 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.021>
- Li, H., Liu, H., Zhou, J., Wei, G., Shi, S., Zhang, X., Zhang, R., Zhu, H., & He, T. (2021). Development and first results of a no-till pneumatic seeder for maize precise sowing in Huang-Huai-Hai Plain of China. *Agriculture*, 11(10), 1023. <https://doi.org/10.3390/agriculture11101023>
- Maleki, M. R., Jafari, J. F., Raufat, M. H., Mouazen, A. M., & De Baerdemaeker, J. (2006). Evaluation of seed distribution uniformity of a multi-flight auger as a grain drill metering device. *Biosystems Engineering*, 94(4), 535-543. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2006.04.003>
- Zubko, V., & Kuzina, T. (2015). Investigation of the influence of winter wheat's location on plant's germination energy. *Teka. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 15(4), 103-106.
- Булгаков, В. М., & Горобей, В. П. (2016). Вдосконалення конструкції комбінованого дводисково-анкерного сошника (*Improvement of the design of the combined two-disc-anchor coulter*). *Вісник аграрної науки*, 4, 57-64.
- Васильковський, О. М., Лещенко, С. М., Васильковська, К. В., & Петренко, Д. І. (2016). *Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей (Researcher's textbook. Study guide for students of agrotechnical specialties)*. Х.: Мачулін.
- Войтюк, Д. Г., Аніскевич, Л. В., & Іщенко, В. В. (2015). *Сільськогосподарські машини (Agricultural machines)*. Київ: Агроосвіта.
- Морозов, І., & Макаренко, М. (2013). Вибір сошника (*Selection of coulter*). *Агробізнес*, 21(268).
- Сало, В., & Лузан, П. (2017). Дисковий та анкерний сошники для прямого висіву зернових культур (*Disc and anchor coulters for direct seeding of grain crops*). *Пропозиція*. Retrieved May 10, 2024, from <https://propozitsiya.com/ua/diskoviy-ta-anker-niy-soshniki-dlya-pryamogo-visivu-zernovih-kult-ur>
- Сало, В. М., Лузан, П. Г., Шмат, С. І., Лузан, О. Р., & Гончаров, В. В. (2011). Посівна секція (*Sowing section*). Патент України 63312. Київ: Державне патентне відомство України.
- Сисолін, П. В. (2009). *Конструкторські розробки нових вітчизняних, універсальних машин для звичайної, стерньової, мульчо-стерньової, екологічно безпечної, енергозберігаючої технології вирощування сільськогосподарських культур в Україні (Design developments of new domestic, universal machines for conventional, stubble, mulch-stubble, ecologically safe, energy-saving technology of growing agricultural crops in Ukraine)*. Кіровоград: КОД.
- Сисолін, П. В., Сало, В. М., Ляшенко, А. С., Бойченко, С. Ф., & Мартиненко, С. В. (2003). Полозковий сошник (*Skid-equipped shovel*). Патент України 57787. Київ: Державне патентне відомство України.
- Шмат, С. І., Матвєєв, К. Д., Резніченко, В. А., & Лузан, П. Г. (2005а). Дводисковий сошник (*Double-disk coulter*). Патент України 9366. Київ: Державне патентне відомство України.
- Шмат, С. І., Матвєєв, К. Д., Резніченко, В. А., & Бойченко, С. Ф. (2005б). Дводисковий сошник (*Double-disk coulter*). Патент України 9543. Київ: Державне патентне відомство України.
- Шмат, С. І., & Резніченко, В. А. (2007). Нові підходи до поліпшення рівномірності розподілу насіння зернових культур в борозні (*New approaches to improving the uniformity of grain seed distribution in the furrow*). *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 37, 143.