

УДК 631.331; 631.33.24.2

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.185-191>

В.М. Сало, проф., д-р техн. наук, **Б.Г. Вовнянко**, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, **С.М. Лещенко**, доц., канд. техн. наук
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: salovm@ukr.net

Підвищення функціональної універсальності зернових сівалок

В статті представлена інформація про енергетичну оцінку функціонування посівної секції, долотовидний сошник якої має гострий кут входження в ґрунт. Передбачається, що така секція може бути використана як при традиційних, так і прямих способах сівби чи за умови мінімальної підготовки ґрунту. Запропонована методика встановлення енергетичного показника – тягового опору посівної секції на переміщення її в ґрунті при виконанні технологічного процесу за умови врахування змінних впливових факторів, таких як глибина ходу сошника та робоча швидкість. Розглянуті особливості технічного забезпечення польових експериментальних досліджень. Наведені, отримані експериментальним шляхом, залежності тягового опору запропонованої конструкції посівної секції від зазначених впливових факторів та діапазон зміни його фактичних значень в межах від 0,12 до 0,4 кН. Отримані показники підтвердили можливу ефективність використання запропонованої конструкції посівної секції в складі різних посівних машин при відчутній економії затрат енергії.
посівна секція, долотовидний сошник, тяговий опір, глибина ходу сошника, робоча швидкість, рівняння регресії

Постановка проблеми. Ефективність використання сільськогосподарської техніки значною мірою визначається її енергоємністю. Не є винятком і посівні машини. Особливо гостро проявляється дана проблема при застосуванні прямих способів сівби, для забезпечення яких все ще досить часто використовують сошники з тупим кутом входження в ґрунт [1–4]. Для забезпечення заданих глибин загортання посівного матеріалу такими сошниками необхідна велика маса сівалки щоб вдавлювати їх у ґрунт. Все це потребує значних затрат енергії. Одним із прийнятних способів покращення даної ситуації є використання сошників з гострим кутом входження в ґрунт, але для можливості їх надійної роботи при застосуванні прямих способів сівби їх доцільно використовувати у складі посівних секцій, що потребує обґрунтування їх конструкційних та технологічних параметрів, а також чіткої інформації про енергетичні показники їх роботи [5, 6].

Аналіз основних досліджень і публікацій. Ефективність функціонування посівної техніки визначається цілим рядом показників. Найбільш поширеними серед них є продуктивність, універсальність, якість виконання технологічного процесу, його надійність та надійність самої конструкції, ремонтпридатність, але не менш важливим є показник енергоємності машини [7]. Стосовно сільськогосподарських машин, найбільш вживаним є показник тягового опору машини, який вона чинить переміщенню по полю при виконанні технологічного процесу [8]. На даний показник впливають ряд факторів: тип робочих органів (приводні чи безприводні), їх конструкційні особливості, стан ґрунту та інші. В більшості випадків для посівних машин тяговий опір формується затратами енергії на перекочування опорних коліс по полю, привод висівних та туковисівних апаратів, переміщення в ґрунті загортаючих та інших робочих органів, які працюють безпосередньо з ґрунтом. Саме посівні секції та сошники є основним джерелом формування тягового опору посівних машин [9, 10].

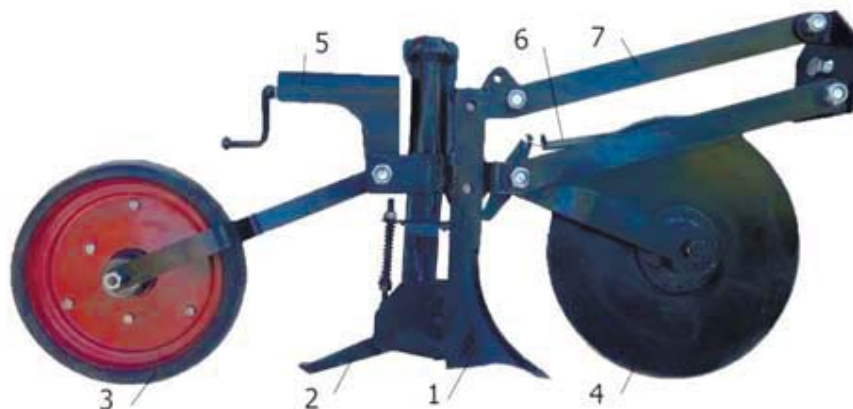
По ступеню впливу на тяговий опір можна виділити дві основних групи сошників – з тупим та гострим кутом входження в ґрунт. Сошники з тупим кутом входження в ґрунт формують боріздку для укладання посівного матеріалу шляхом деформації ґрунту шляхом його стискання. Для проникнення даних сошників у ґрунт потрібні великі зусилля, створення яких не можливе без великої маси самої машини [8]. Процес роботи таких сошників є постійне стискання ґрунту з метою проникнення на певну глибину. Чим більша глибина загортання насіння тим мають бути вищими затрати енергії, тим більший тяговий опір. Більшість сівалок для прямої сівби, які обладнані дисковими робочими органами, мають питому масу понад 1000 кг/м ширини захвату, щоб мати можливість виконувати технологічний процес сівби [8].

Сошники з гострим кутом входження в ґрунт формують боріздку шляхом сколювання ґрунту в результаті згину при підніманні його по поверхні долота чи іншій криволінійній поверхні. Відомо, що розпушування ґрунту таким шляхом потребує значно менших затрат енергії [7].

Також варто враховувати і те, що навіть однакові за складом робочих органів посівні секції можуть мати різний тяговий опір залежно від конструкційних особливостей окремих елементів та їх взаємного розташування.

Інформація такого характеру також є необхідною для прийняття рішення про можливість подальшої експлуатації машин обладнаних такими робочими органами, як мінімум, з точки зору наявності енергетичних засобів для їх агрегування та їх оптимального завантаження. Не менш важливою є дана інформація і при модернізації існуючих посівних машин шляхом заміни чи удосконалення загортаючих робочих органів чи посівних секцій в цілому.

Враховуючи умови вирощування с.-г. культур в господарствах Степу України, та обґрунтованому виборі для виконання сівби вітчизняних зернових сівалок та з метою підвищення їх функціональної універсальності використання пропонується провести їх модернізацію шляхом обладнання експериментальними посівними секціями (рис. 1), які встановлюються замість дводискових сошників.



1 – сошник долотовидний; 2 – утримуюча п'ятка; 3 – прикочуючий коток; 4 – диск; 5 - механізм регулювання глибини ходу; 6 – притискна пружина; 7 – паралелограмний механізм навіски

Рисунок 1 – Загальний вигляд експериментальної посівної секції

Джерело: розроблене авторами з використанням [6]

Основним елементом цієї висівної секції виступає сошник 1, який входить у ґрунт під гострим кутом [6, 11]. За ущільнення ґрунту навколо насіння та регулювання глибини його загортання відповідає прикочуючий коток 3, оснащений механізмом налаштування 5. Роботу секції в умовах наявності рослинних решток на поверхні поля

або у верхніх шарах ґрунту забезпечує диск 4. Він шарнірно прикріплений вилкою на одній осі з нижніми тягами паралелограмної підвіски 7 та притискається до ґрунту за допомогою пружини 6. Стабільність підтримання заданої глибини висіву визначається масою сівалки, частина якої передається через підпружинену штангу, що також слугує для піднімання секції у транспортне положення. Паралелограмна підвіска гарантує правильне вертикальне розташування стійки сошника, завдяки чому зберігається постійний кут його входження у ґрунт та оптимальне положення утримувальної п'ятки для якісної роботи.

Як зазначалося вище, інформація про показники функціонування даної посівної секції необхідні для прийняття рішення про можливість її використання в складі зернової сівалки при забезпеченні стандартної ширини міжрядь 15–30 см та визначення засобу агрегування модернізованої сівалки.

З цією метою були організовані та проведені польові випробування конструкції представленої секції.

Програма польових експериментальних досліджень передбачала встановлення залежності параметра оптимізації $Y(P)$ – фактичного опору посівної секції при виконанні нею технологічного процесу від заданої глибини ходу сошника $X_1(h)$, та робочої швидкості секції $X_2(V)$.(табл. 1) [12].

Таблиця 1 – Впливові фактори та рівні їх варіювання

№ п. п.	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Задана глибина ходу сошника секції (h_{cm})	X_1	80	40	20
2	Робоча швидкість секції ($V, \text{км/год}$).	X_2	2,5	0,5	0,5

Джерело: розроблене авторами

Для проведення польових досліджень були задіяні наступні технічні засоби. Функції засобу агрегування виконував малогабаритний трактор марки Т-0,12. Експериментальна посівна секція з долотовидним сошником була встановлена на розроблений на кафедрі сільськогосподарського машинобудування посівний модуль (рис. 2).



Рисунок 2 – Загальний вигляд посівного модуля для дослідження робочих органів посівних та ґрунтообробних машин

Джерело: розроблене авторами з використанням[6]

Основою посівного модуля є рама, яка спирається на два опорно-приводних колеса і на якій жорстко встановлено бункер для посівного матеріалу з висівними апаратами та механізм переведення робочих органів з робочого в транспортне положення і навпаки. В задній частині рами розміщений кронштейн для встановлення додаткових вантажів для забезпечення заданої глибини ходу дискових робочих органів, які потребують додаткових зусиль для проникнення у ґрунт. Причіпний пристрій модуля має рухому ланку, яка представляє собою трубу квадратного поперечного перетину з закріпленими на її чотирьох поверхнях парами підшипників. Дана ланка завдяки підшипникам вільно переміщається у поздовжньому напрямку в середині іншої труби, більшого поперечного перетину і жорстко з'єднаною з боковими сницями причіпного пристрою. Рухома ланка з'єднана з причіпним пристроєм трактора. З'єднання рухомої ланки з зовнішньою трубою причіпного пристрою посівного модуля через тягомір дає можливість фіксувати цифрові показники зміни тягового опору на швидкісну відеокамеру чи мобільний телефон (рис.3).



Рисунок 3 – Використання електронного тягоміра для фіксування тягового опору робочих органів

Джерело розроблене авторами

Перевірку посівної секції проводили на дослідному полі кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету в червні місяці 2025 року. Ділянка поля, де попередником була люцерна, оброблена з осені дискатором. Ґрунт за механічним складом – суглинок середній, досить злежаний з твердістю 1,1 МПа. Попередній обробіток не проводили.

На поверхні поля були розмічені залікові ділянки, які становили 10 м, та розгінні довжиною 5 м. За допомогою гвинтового механізму регулювання встановлювали задану глибину обробітку послідовно з інтервалом 20 мм. Перевірку правильності встановлення глибини здійснювали шляхом підкладання під прикочуюче колесо спеціально підготовлених дощочок різної ширини (рис. 4), товщиною на 1 см менше заданої глибини, для врахування прогнуття останнього.



Рисунок 4 – Встановлення глибини ходу долотовидного сошника
Джерело: розроблене авторами з використанням[6]

Необхідну робочу швидкість забезпечували підбиранням відповідних передач трактора. На початку ділянок були встановлені вішки з інформацією про рівень впливових факторів. При проходженні агрегатом залікової ділянки відеокамера записувала зміни числових показників тягового опору на дисплеї тягоміра. Обробку даних проводили в стаціонарних умовах шляхом розкадрування записів і визначення середнього значення показника по всій довжині залікової ділянки при різних установчих значеннях впливових факторів.

Середні значення параметру оптимізації в подальшому використовували при проведенні статистичного аналізу значень тягового опору посівної секції.

Обробку даних, отриманих за результатами проведених експериментальних польових досліджень, з використанням пакету прикладних програм «Статистика» дозволила отримати рівняння регресії, яке описує зв'язок між параметром оптимізації P та впливовими факторами h та V , а також поверхню відгуку (рис. 5).

$$P_{кг} = 17,5177 - 0,3866 \cdot h + 4,8096 \cdot V + 0,0033 \cdot h^2 + 0,1425 \cdot h \cdot V - 1,2873 \cdot V^2$$

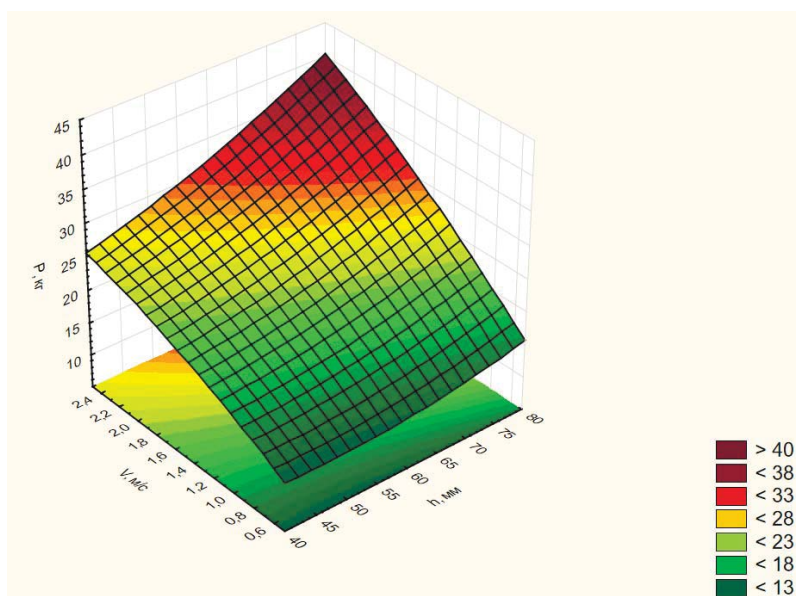


Рисунок 5 – Графічна інтерпретація залежності значень тягового опору посівної секції $P_{кг}$ з долотовидним сошником від заданої глибини його переміщення в ґрунті $h_{мм}$ та робочої швидкості посівного агрегату $V_{км/год}$.

Джерело: розроблене авторами з використанням[12]

Висновки: 1. Отримані в процесі аналізу результати свідчать про те, що обидва прийняті до вивчення фактори мають вплив на формування тягового опору посівної секції. Встановлено, що зі збільшенням заданої (установчої) глибини ходу сошника значення тягового опору також зростає, як і при збільшенні робочої швидкості. Також підтверджено, що фактор швидкості є більш впливовим порівняно з глибиною ходу сошника.

2. При початкових показниках впливових факторів параметр швидкості призводить до зростання опору від 0,12 до 0,25 кН, а глибина ходу сошника - тільки до 0,17 кН. Загальні фактичні значення зміни тягового опору знаходяться в діапазоні від 0,12 до 0,4 кН.

3. Отримані результати певною мірою підтверджують можливу ефективність використання посівних секцій з долотовидними сошниками у складі посівних машин для роботи на полях, поверхня яких не є якісно підготовленою і може бути частково покрита рослинними рештками та мати значне ущільнення поверхневих шарів ґрунту.

Список літератури

1. 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. doi: 10.1016/j.still.2019.05.021.
2. 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. 1023. doi.org/10.3390/agriculture11101023.
3. Сало В.М., Гайденок О.М. Нюанси прямого способу сівби зернових культур . *Агробізнес сьогодні*. № 20. 2016. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1240-niuansy-priamoho-sposobu-sivby-zernovykh-kultur.html> (дата звернення: 17.10.2025).
4. Марченко В.В., Котко І.Г., Опалко В.Г. Технології і технічні засоби сівби при мінімальному і нульовому обробітку. *Аграрна техніка та обладнання*. 2009. №1(6), С. 20-28.
5. Морозов І., Макаренко М. Вибір сошника. *Агробізнес*. 2013. № 21(268). URL: <http://www.agrobusiness.com.ua/component/content/article/1887.html?ed=94> (дата звернення: 19.10.2025).
6. Посівна секція: пат. 156272 Україна, МПК А01С 7/00, А01С7/20. Вовнянко Б.Г. Володілець: Центральноукраїнський національний технічний університет.у 2023; 29.05.2024, Бюл. №23
7. Демидко М.О. Теоретичний аналіз опору ґрунту при переміщенні двогранного плина . *Наук. вісник Нац. агр. ун-ту / за ред. Д.О. Мельничук та ін.* 1998. Вип. 9. 370 с.
8. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами : навч. посіб. / В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 220 с. URL: <https://dspace.kntu.kr.ua/items/1fac47a7-80b6-4a6f-beb7-eb76e3f661fe> (дата звернення: 19.10.2025)
9. Лузан О.Р. Обґрунтування параметрів загоргаючих робочих органів для прямої сівби зернових культур : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Кіровоград. нац. техн. ун-т. Кіровоград, 2013. 200 с.
10. Теоретичне та експериментальне обґрунтування комбінованого дводисково-анкерного сошника. / В. В. Адамчук, В. М. Булгаков, І. В. Головач, В. П. Горобей. *Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний зб.* ННЦ «ІМЕСГ». 2016. Вип. 3 (102). С. 11–19.
11. Порівняльні показники роботи сошників двох типів. / В.М. Сало, С.М. Лещенко, Б.Г. Вовнянко, С.М. Мороз. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2024. Вип. 54. С. 160-167.
12. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника: навч. посіб. для студ. агротехн. спец. Харків : Мачулін, 2016. 204 с.

Referencis

1. 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. doi: 10.1016/j.still.2019.05.021.

2. 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. 1023. doi.org/10.3390/agriculture11101023.
3. Salo V.M., Haidenko O.M. (2016). Nuances of the direct method of sowing grain crops. *Ahrobiznes sohodni*, 20. [in Ukrainian]. <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1240-niuansy-priamoho-sposobu-sivby-zernovykh-kultur.html>
4. Marchenko, V.V., Kotko, I.G., & Opalko, B.G., (2009). *Technologiy I technichni sasoby sivby pry minimalnomu i nulevomu obrobytku*. [Technologies and technical means of sowing with minimal and zero cultivation]. *Agrarna tehnika ta obladnannya*. 1(6), C.20-28.4
5. Morosov, I., & Makarenko, M., (2013). Selection of coulter, *Agrobiznes*. 21(268), URL: <http://www.agrobusiness.com.ua/component/content/article/1887.html?ed=94>
6. Vovnianko, B.H., Leshchenko, S.M., Salo, V.M., & Salo, L.V. (2024). Patent na korysnu model (Ukraina) № 156272; MPK A01 S7/00, A01 S7/20. Posivna sektsiia. [Utility model patent (Ukraine) No. 156272; MPK A01 S7/00, A01 S7/20. Seeding section.]. [in Ukrainian]. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1801165/7>
7. Demydko, M.O. & Melnychuk, D.O. (Ed.). (1998). *Teoretychnyi analis oporu gruntu pry peremishchenni dvogrannogo klyna* [Theoretical analysis of soil resistance during movement of a dihedral wedge]. *Nauk. Visnyk Nats. agr. un-tu*, Vol.9 [in Ukrainian]
8. Salo, V.M., Leshchenko, S.M., Luzan, P.G., & Salo, L.V. (2022). *Mashyny dlia sivby, sadinnia ta dohliadu za posivamy: Navchalnyi posibnyk [Machines for sowing, planting and caring for crops: Training manual]*. Kropyvnytskyi: Lysenko V.F. [in Ukrainian]. <https://dspace.kntu.kr.ua/items/1fac47a7-80b6-4a6f-beb7-eb76e3f661fe>
9. Luzan, O.R. (2013). *Justification of parameters of wrapping working bodies for direct sowing of grain crops*. Candidate's thesis. Kirovohrad: KNTU [in Ukrainian].
10. Adamchuk, V.V., Bulgakov, V.M., Golovach, I. V., & Gorobey, V. P. (2016). Theoretical and experimental justification of a combined double-disk-anchor coulter. *Mechanisacyia ta elektryfikacyia silskogo gospodarstva: sagalnodержavnyi sb.* 3 (102), 11-19 [in Ukrainian].
11. Salo, V. M., Leshchenko, S. M., Vovnyanko, B.G., & Moroz, S.M. (2024). Comparative performance of two types of coulter. *Konstruyuvannya. Vyrobnystvo ta ekspluatatsia silskogospodarskykh mashyn. Zahalnodержavnyy mizhvidomchyy naukovo-technichnyi zbirnyk*, 54, 160-167 [in Ukrainian].
12. Vasylykovskyy, O.M., Leshchenko, S.M., Vasylykovska, K.V., & Petrenko, D.I. (2016). *Study guide for students of agrotechnical specialties*. Kh. : Machulin [in Ukrainian].

Vasyl Salo, Prof., DSc., **Bohdan Vovnianko**, PhD student, **Serhii Leshchenko**, PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Increasing the Functional Versatility of Grain Planters

The article presents information on the energy assessment of the functioning of the sowing section, the chisel coulter of which has an acute angle of entry into the soil.

High uniformity of seed wrapping in depth is ensured by the retaining heel. A spring-loaded disk cuts plant remains in front of the coulter, and a rolling wheel provides a given depth of movement of the coulter. It is assumed that such a section can be used both in traditional and direct methods of sowing or under the condition of minimal soil preparation. The proposed method of establishing the energy indicator – of the traction resistance of the seed section on its movement in the soil during the execution of the technological process, provided that variable influential factors, such as the depth of the coulter and the working speed, are taken into account. Considered features of technical support of field experimental research. Thus, for the aggregation of the experimental section, a trailed sowing module was used, which was developed for the study of the working bodies of tillage and sowing machines. The originality of traction resistance control lies in the use of a digital traction meter for this, which connects the two moving parts of the trailed device of the seed module. To record numerical values, you can use a high-speed movie camera or an ordinary modern phone with a video camera.

The following are obtained experimentally by the dependence of the traction resistance of the proposed structure of the seed section on the indicated influential factors and the range of change of its actual values in the range from 0.12 to 0.4 kN. The obtained indicators confirmed the possible effectiveness of using the proposed design of the sowing section as part of various sowing machines with significant savings in energy costs.

seed section, chisel coulter, traction resistance, coulter travel depth, operating speed, regression equation

Одержано (Received) 20.11.2025

Прорецензовано (Reviewed) 09.12.2025

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025