

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-1-5>

УДК 631.331

Р. В. Кириченко, к.т.н., доц.

М. В. Бакум, к.т.н., доц.

О. Б. Козій, к.т.н., доц.

Є. В. Лубченко, аспірант

Державний біотехнологічний університет

e-mail: kirichenkoromeo1971@gmail.com

ORCID: 0000-0001-7830-6956

ORCID: 0000-0003-1049-0464

ORCID: 0000-0001-5504-4244

РЕЗУЛЬТАТИ ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДВОДИСКОВИХ СОШНИКІВ ДЛЯ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ MINI-TILL

Анотація. Розглянуто питання вдосконалення технологічного процесу сівби зернових культур за умов мінімального обробітку ґрунту. Запропоновано конструкцію дводискового сошника з вирізним диском для використання в зернових сівалках типу СЗ, призначеного для підвищення якості сівби за технологією Mini-till. Наведено опис конструкції сошника, який забезпечує ефективне перерізання пожнивних решток та рівномірну заробку насіння на задану глибину. Проведено експериментальні польові дослідження, результати яких підтвердили перевагу розробленого сошника над серійними аналогами за показниками рівномірності глибини загортання та розподілу насіння по довжині рядка. Отримані результати можуть бути використані для розроблення та модернізації посівних машин для ресурсозберезувальних технологій вирощування зернових культур.

Ключові слова: технологія Mini-till, зернова сівалка, насіння, пожнивні рештки, дводисковий сошник із вирізним диском, глибина заробки.

Постановка проблеми. Традиційний спосіб обробітку ґрунту передбачає багаторазові проходи сільськогосподарської техніки і має певні недоліки. Зокрема, він спричиняє надмірне ущільнення орного шару, активізує процеси ерозії ґрунту, призводить до втрати органічної речовини та збільшення витрат пального [1]. У зв'язку з цим актуальним завданням є пошук ефективних шляхів здешевлення обробітку ґрунту [2].

Зростання вартості енергоносіїв та підвищення собівартості агропродукції стимулює сільськогосподарських виробників до впровадження енергоефективної технології Mini-till під час вирощування зернових культур [3]. Використання цієї технології сприяє зменшенню споживання паливо-мастильних матеріалів, скороченню часу виконання робіт та зниженню навантаження на машинно-тракторні агрегати.

У загальному комплексі технологічних операцій та прийомів під час вирощування зернових культур дуже важливе значення займає посів. Наукою та практикою встановлено, що врожай сільськогосподарських культур на 25...30% залежить від якості виконання посіву.

В Україні для виконання сівби за енергоресурсозберезувальною технологією оброблення ґрунту існує великий вибір засобів механізації вітчизняного виробництва, зокрема посівні комплекси «ЗЛАТНИК», АПК-9,0 PARTNER, ALCOR 7,5 і ALCOR 10, механічні зернові сівалки ALFA 6 MINI-TILL та ALFA 4 MINI-TILL (виробництво АТ ELVORTI). Крім того, використовуються сівалки закордонного виробництва, як-от Amazone Primera DMC 6000-2C (Німеччина), OMEGA OO FL (Чехія), Semeato PD-17 (Бразилія) та інші. Вони мають різні модифікації, конструкцію та функціональні можливості залежно від умов їх використання.

Великі сільськогосподарські підприємства можуть інвестувати в придбання сучасних вітчизняних та імпортних посівних машин, що обладнані робочими органами, які забезпечують ефективну сівбу зернових культур за ресурсозберезувальними технологіями. Але проведений аналіз конструкцій сучасних вітчизняних та іноземних сівалок показав, що вони складні за конструкцією, матеріаломісткі та дорогі. Це ускладнює їх придбання і використання для дрібних та середніх фермерських господарств.

З огляду на технічні рішення сучасних посівних машин та ґрунтово-кліматичні умови вирощування зернових культур в Україні розроблення конструкції зароблюючих робочих органів для вітчизняних сівалок типу СЗ з метою їх ефективного застосування в енергоресурсозберезувальній технології Mini-till є актуальним завданням.

Модернізація сівалок типу СЗ шляхом оснащення їх новими зароблюючими робочими органами сприятиме підвищенню ефективності технологічного процесу сівби, розширенню можливостей їх використання в різних ґрунтово-кліматичних умовах та забезпеченню високих урожаїв зернових культур за мінімального обробітку ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. Вибір посівних машин залежить як від сільськогосподарської культури, що висівається, так і від вибраного способу обробітку ґрунту. Відповідно, необхідно використовувати певну сошникову групу, яка є одним з основних конструктивних елементів сівалки, котрий визначає її технологічне призначення та забезпечує оптимальну ефективність посіву зернових культур. Сошники визначають технологічне призначення сівалки і дозволяють максимально ефективно використовувати її для посіву насіння зернових за традиційної, мінімальної підготовки ґрунту або навіть без підготовки за різних систем обробітку.

Питання обґрунтування параметрів сошників та підвищення рівномірності загортання насіння є предметом численних наукових досліджень. Значний внесок у цю сферу зробили як вітчизняні вчені, зокрема Б.М. Гевко, В.П. Горобей, І.В. Морозов, В.М. Сало та інші [5–10], так і зарубіжні дослідники [11–13].

На основі аналізу та узагальнення наявних наукових робіт була сформульована мета дослідження, яка спрямована на вдосконалення конструкції сошників та підвищення рівномірності заробки насіння, що є важливим фактором для забезпечення оптимальних умов проростання й розвитку рослин.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Мета дослідження – удосконалення конструкції сошників та підвищення рівномірності заробки насіння для забезпечення оптимальних умов проростання і розвитку рослин під час сівби зернових культур за технологією Mini-till.

Основна частина. Для мінімальних технологій за наявності рослинних решток на поверхні поля використовують дискові та лапові сошники. Однак під час сівби, особливо озимих зернових культур, у ресурсозберезувальних технологіях на полях після вирощування кукурудзи на зерно або соняшнику такі сошники не завжди забезпечують агротехнічні вимоги щодо рівномірного загортання насіння на задану глибину. Це пояснюється тим, що вони не можуть ефективно перерізати особливо товсті та міцні частки навіть подрібнених стебел кукурудзи й соняшнику.

Покращити рівномірність заробки насіння зернових культур на задану глибину в умовах ресурсозберезувальних технологій можна шляхом підвищення ефективності перерізання поживних залишків крайками дисків сошників [14].

Для досягнення поставленої мети розроблено експериментальний дводисковий сошник із вирізним диском, який складається з корпусу 1, піввісей 2 і 3, на яких установлено диски 4 і 5 різного діаметра, напрямника 7 для насіння та повідця 8 для кріплення сошника до рами сівалки (рис. 1). Його конструкція передбачає, що периферійна частина диска більшого діаметра виконана з вирізами 9. Вирізи мають конічну форму, а їхні боковини утворюють із раді-

усом диска кут, який є меншим за кут тертя повзання стебел сільськогосподарських рослин по металу. Глибина вирізів дорівнює різниці радіусів дисків різного діаметра сошника.

Під час сівби дводискові сошники з різновеликими дисками 4 і 5 перекочуються по полю, і завдяки механізмам регулювання забезпечують формування в ґрунті борозенки заданої глибини. Насіння, що надходить із висівної системи сівалки через лійку 6, по напрямку 7 між дисками 4 і 5 висівається на дно борозенки і присипається ґрунтом.

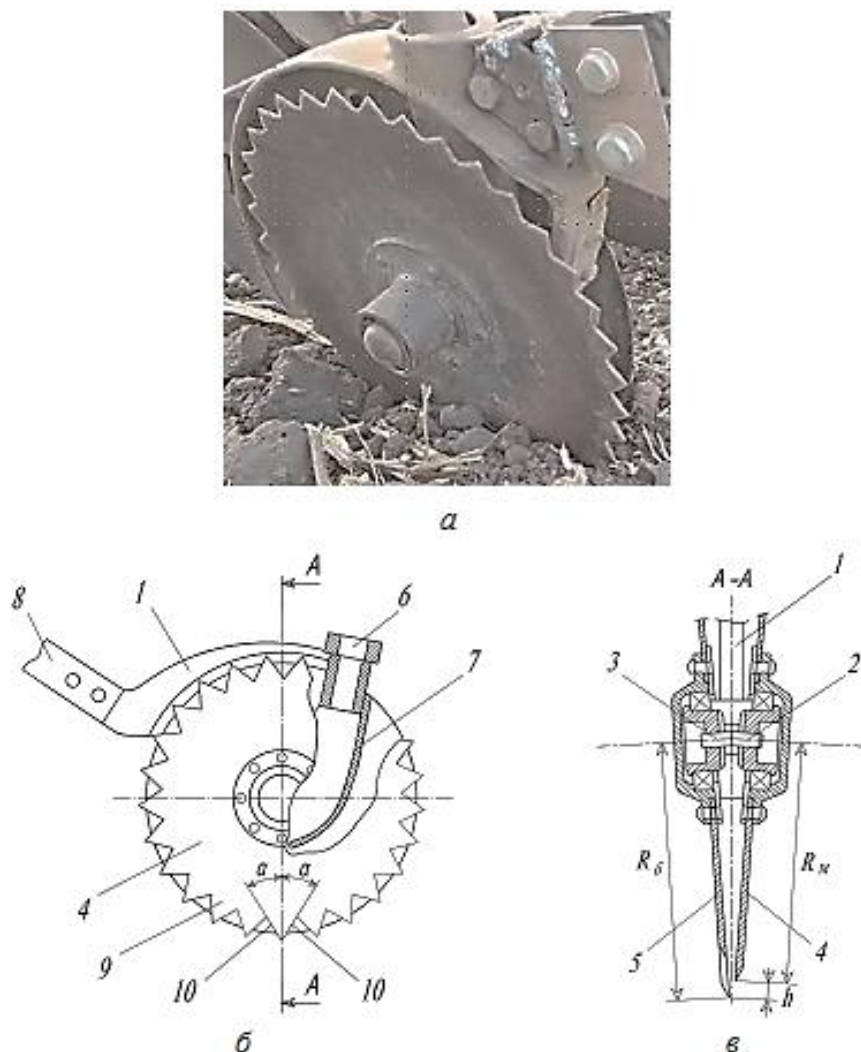


Рис. 1. Експериментальний дводисковий сошник із вирізним диском

а – загальний вигляд; б – бокова проєкція сошника; в – переріз А-А бокової проєкції сошника: 1 – корпус; 2, 3 – напівосі; 4 – більший диск; 5 – менший диск; 6 – лійка; 7 – напрямник; 8 – повідець; 9 – вирізи; 10 – боковини вирізів

Формування борозенок такими сошниками відбувається у два етапи. На першому етапі з поверхнею поля взаємодіють вершини конічних вирізів 9 диска 4 більшого діаметра. Притискне зусилля сошників цілком достатнє для розрізання верхніх шарів ґрунту та заглиблення диска 4 у ґрунт. На другому етапі диск меншого діаметра 5 заглиблюється в уже розрізаний верхній шар ґрунту. Завдяки кріпленню дисків 4 і 5 на корпусі 1 сошника під кутом до напрямку руху, боковини дисків зміщують ґрунт у сторони, формуючи конічну борозенку на глибину заглиблення диска 5 меншого діаметра.

У процесі формування борозенок пожнивні рештки, що знаходяться на поверхні поля, спочатку наколюються вершинами конічних вирізів 9, а далі ковзають по боковинах 10, які розташовані під кутом α , меншим за кут ковзання рослинних решток по металу, і перерізаються. Завдяки цьому рослинні рештки не заважають заглибленню сошника на задану глибину, навіть коли на шляху попадаються міцні частини стебел соняшнику або кукурудзи. Така конструкція особливо ефективна під час сівби озимих зернових культур за ресурсозберувальними технологіями.

Для об'єктивного оцінювання роботи сошника його якісні показники необхідно порівнювати з аналогічними показниками інших типів сошників, отриманими в однакових умовах експлуатації. З цією метою на другому етапі експериментальних досліджень було проведено порівняльний аналіз якості роботи зернової сівалки, оснащеної двома типами сошників: серійними дводисковими однорядковими та експериментальними сошниками з вирізним диском, під час сівби насіння озимої пшениці.

Вибір для порівняльних досліджень цих сошників зумовлений їх меншою вимогливістю до якості підготовки ґрунту до сівби і більшою здатністю працювати на ґрунтах, які неякісно підготовлені до посіву, задернілих, засмічених, перезволожених, з великою кількістю грудок та рослинних решток.

Для проведення досліджень використовувався трактор МТЗ-82 + зернотукова сівалка СЗ-3,6, на якій було встановлено три експериментальних сошника з міжряддям 15 см.

Визначення умов роботи сошників, розбиття дослідних ділянок та оцінювання якісних показників висіву проводили у відповідності до СОУ 74.3-37-129:2004 [15].

Якість роботи сошників оцінювалось за такими показниками, як: рівномірність заробки насіння по глибині й рівномірність розподілу насіння по довжині рядка.

Глибину заробки насіння визначали по етіолованій частині рослин (рис. 2, а). Відстані між сусідніми висіяними насінинами по фрагментах сходів рослин (рис. 2, б).



Рис. 2. Визначення якісних показників роботи сошників

а) визначення глибини заробки; б) рівномірність сходів по довжині рядка

Рівномірність розподілення насіння по глибині заробки та по довжині рядка оцінюється середнім значенням $\bar{X}$, стандартним квадратичним відхиленням σ і коефіцієнт варіації V .

Результати вимірювань і статистичного оброблення експериментальних даних глибини заробки насіння та інтервалів сходів насіння озимої пшениці вздовж рядка досліджуваних сошників наведено в таблицях 2 і 3, а також відображено на графіках кривих розподілу насіння по глибині (рис. 3).

Результати досліджень рівномірності заробки насіння свідчать про те, що експериментальні сошники за швидкості руху 2,5 м/с забезпечують найбільшу середню глибину заробки

насіння – 55,8 мм. Для порівняння: у серійних сошників цей показник становить 43,3 мм. Виявлена різниця зумовлена конструктивними особливостями досліджуваних сошників. Розроблений сошник краще заглиблюється у ґрунт, сприяє ефективнішому проникненню сошника в ґрунт і забезпечує стабільнішу глибину заробки насіння за різних швидкостей руху.

Таблиця 2

Показники рівномірності заробки насіння по глибині

Тип сошника	Швидкість руху сівалки, м/с	Середня глибина заробки насіння $\bar{x}$, мм	Стандартне відхилення σ , мм	Коефіцієнт варіації V , %
Експериментальний	2,0	50,9	12,2	23,9
	2,5	55,8	12,3	22,1
	3,0	51,6	11,1	21,5
	3,5	47,2	12,9	27,2
Серійний	2,0	37,5	14,1	37,7
	2,5	43,3	13,6	31,3
	3,0	40,5	13,7	33,7
	3,5	37,9	15,6	41,3

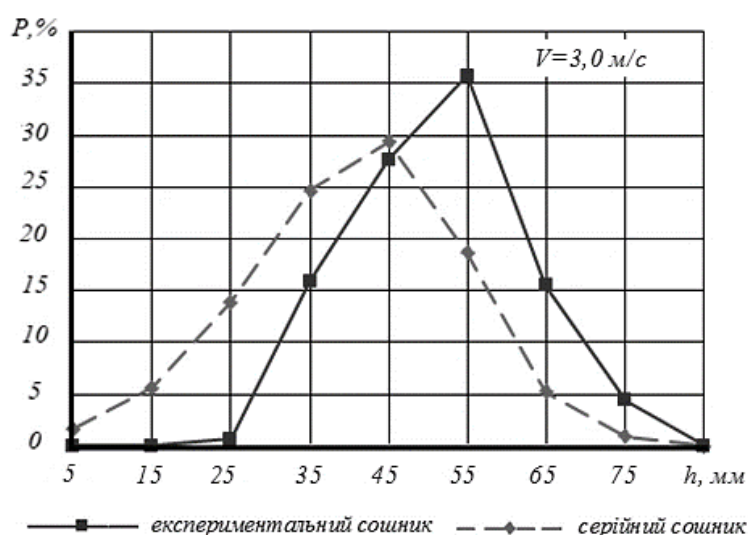


Рис. 3. Криві розподілу заробки насіння по глибини

Аналіз отриманих даних підтвердив, що середня глибина заробки насіння не є сталою і змінюється залежно від швидкості руху сівалки. Встановлено, що в разі збільшення швидкості з 2,0 до 2,5 м/с середня глибина заробки для експериментальних сошників зростає з 50,9 до 55,8 мм, а для серійних сошників – з 37,5 до 43,3 мм. Однак подальше підвищення швидкості руху сівалки до 3,5 м/с призводить до зменшення середньої глибини заробки насіння: для сошників із вирізним диском – від 55,8 до 47,2 мм, а для дводискових однорядкових сошників – від 43,3 до 37,9 мм.

Це зумовлено присутністю на полі рослинних решток та властивостями ґрунту, зокрема його підвищеною твердістю і наявністю грудкуватої структури. У сухих ґрунтових умовах, коли пружини на штангах сошників перебувають у стані попереднього стискання, під час руху сівалки на невеликій швидкості ($V_{сб}=2,0$ м/с) сошники можуть частково проникати крізь тверді грудки ґрунту, що призводить до недостатнього заглиблення та зменшення фактичної глибини



загортання насіння. Зі збільшенням швидкості до 2,5 м/с дискові сошники здатні до більш ефективного руйнування грудок і перерізання рослинних решток, що сприяє досягненню необхідної глибини заробки. Однак подальше зростання швидкості приводить до зростання опору ґрунту, що призводить до виглиблення сошників і, відповідно, до зменшення глибини заробки насіння.

Аналіз показників якості загортання насіння за коефіцієнтом варіації V дозволяє зробити висновок, що експериментальні сошники забезпечують вищу рівномірність розподілу насіння за глибиною заробки. За швидкості руху сівалки $V_{cis}=3,0$ м/с коефіцієнт варіації для експериментальних сошників становить 21,5%, тоді як для серійних дводискових однорядкових сошників цей показник сягає 33,7%.

Менше значення коефіцієнта варіації для експериментальних сошників свідчить про їх здатність забезпечувати більш стабільну глибину заробки насіння навіть за підвищених швидкостей руху сівалки. Це пояснюється покращеними характеристиками взаємодії сошника із ґрунтовим середовищем, зокрема ефективнішим проникненням у ґрунт і можливістю перерізання навіть найбільших частин стебел рослинних решток, що можуть зустрічатися під час сівби, не перешкоджаючи нормальному заглибленню сошника та формуванню борозенки на задану глибину.

Під час проведення дослідження сошники встановлювалися на глибину заробки 50 мм. Відповідно до агротехнічних вимог, допустиме відхилення глибини заробки насіння за сівби на рівні 40...60 мм становить ± 10 мм. Проведені експериментальні дослідження показали, що в заданому діапазоні глибини заробки сошники із вирізним диском забезпечують відповідність агротехнічним вимогам на рівні 62,7%, тоді як у серійних сошників – 48,1% (рис. 3). Отримані результати свідчать про вищу ефективність експериментальних сошників у забезпеченні рівномірності глибини заробки насіння, що сприяє покращенню якості посіву, підвищенню рівномірності появи сходів та формуванню оптимальних умов для початкового росту і розвитку рослин.

Рівномірність розподілення сходів уздовж рядка оцінювали за коефіцієнтом варіації V (табл. 3). Аналіз отриманих даних показує, що зі збільшенням швидкості руху сівалки рівномірність розподілення сходів дещо погіршується для обох типів сошників. Зокрема, для експериментального сошника за підвищення швидкості руху з 2,0 м/с до 3,0 м/с коефіцієнт варіації збільшується з 61,5% до 67,4%, а для серійного дводискового сошника – відповідно з 64,1% до 70,4%.

Таблиця 3

Показники рівномірності розподілу сходів насіння вздовж рядка

Тип сошника	Швидкість руху сівалки, км/год	Середня глибина заробки насіння $\bar{x}$, мм	Стандартне відхилення σ , мм	Коефіцієнт варіації V , %
Експериментальний	2,0	21,7	13,4	61,5
	2,5	21,9	13,9	63,7
	3,0	22,1	14,3	64,6
	3,5	22,2	14,9	67,4
Серійний	2,0	22,1	14,2	64,1
	2,5	22,3	14,8	66,4
	3,0	22,4	15,2	67,9
	3,5	22,5	15,9	70,4

Сошники з вирізним диском забезпечують більш рівномірне розподілення сходів уздовж рядка порівняно із серійними сошниками. Так, за швидкості руху сівалки 3,0 м/с коефіцієнт варіації для експериментального сошника становить 64,6%, тоді як для серійного – 67,9%.



Покращена рівномірність розподілення насіння вздовж рядка в разі використання експериментального сошника пояснюється його більш стабільним рухом у ґрунті, що досягається завдяки ефективнішому заглибленню та кращому перерізанням стебел рослинних решток.

Проведені польові дослідження підтвердили, що експериментальний сошник із вирізним диском забезпечує більш рівномірну заробку насіння на задану глибину порівняно з дводисковим однорядковим сошником. Це зумовлено кращою здатністю експериментального сошника до заглиблення в ґрунт шляхом підвищення ефективності перерізання пожнивних залишків крайками дисків сошників. Також експериментальний сошник дещо покращує рівномірність розподілення насіння вздовж рядка. Отже, основною перевагою експериментального сошника є забезпечення стабільнішої глибини заробки насіння, що позитивно впливає на рівномірність сходів та подальший розвиток рослин.

Висновки. Розроблена оригінальна конструкція дводискового сошника для надійного формування борозенки заданої глибини для висіву насіння зернових культур у разі вирощування за технологією Mini-till з використанням диска більшого діаметра з вирізами по його периферії, спроможного ефективно перерізати пожнивні залишки і ґрунтові формування підвищеної твердості на шляху переміщення сошника.

Порівняльними польовими дослідженнями підтверджено більш рівномірну заробку насіння на задану глибину експериментальним сошником з вирізним диском.

Глибина заробки насіння серійними сошниками менша, ніж експериментальними, і різниця в глибині зростає зі збільшенням швидкості їх руху. Коефіцієнт варіації рівномірності заробки насіння по глибині на 9,2...14,1% менший в експериментальних сошників порівняно із серійними дводисковими за зміни швидкостей їх руху від 2,0 до 3,5 м/с.

Список використаних джерел

1. Медведєв В.В. Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах. Харків : ТОВ «ЕДЕНА», 2010. 202 с.
2. Циліурік О.І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу : монографія. Дніпро : Новий Світ – 2000, 2019. 298 с.
3. Білінська В. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: Основна характеристика та перспективи впровадження. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics*. 2015. УДК 631.1 7 (172). С. 74–80. DOI: dx.doi.org/ 10.17721/1728-2667.2015/172-7/11
4. Lanmar R., Tourdonnet S.de, Barz P., During R.A., Frielinghaus M., Kolli R., Kubat J., Medvedev V., Picard D., Prospect for conservation agriculture in northern and European countries, lessons of KAASA. *Biblioteca fragmenta agronomica*, 11/2006, Pulawy-Warszawa, pp. 77–88.
5. Гевко Б.М., Павельчук Ю.Ф. Дослідження процесу розподілу насіння зернових культур при підґрунтово-впорозкидному способі сівби: теоретичний аналіз. *Зб. наук. праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. Кам'янець-Подільський, 2016. Вип. 24. Ч. 2. Технічні науки. С. 25–32.
6. Gorobey V., Adamchuk V., Bulgakov V. Theory of two-disc anchor opener of grain drill. *Scientific proceedings i international scientific conference «CONSERVING SOILS AND WATER»*, 2016. P. 71–73.
7. Improving the efficiency of a sowing technology based on the improved structural parameters for colters / O. Nanka, I. Morozov, V. Morozov, M. Krekot, A. Poliakov, I. Kiralhazi, M. Lohvynenko, K. Sharai, A. Babi, M. Stashkiv. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 4, Issue 1-100. С. 33–45. – DOI 10.15587/1729-4061.2019.174445
8. Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, which increase the quality of sowing and yield / O. Nanka, I. Morozov, V. Morozov, M. Krekot, A. Poliakov, I. Kiralhazi, M. Lohvynenko, V. Ryndiaiev, S. Dyakonov, M. Stashkiv. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4, № 1–112. С. 61–75. DOI 10.15587/1729-4061.2021.239304
9. Сало В.М., Лузан О.Р. Вибір напрямів вдосконалення сошників сівалок прямого посіву зернових культур. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград : КНТУ, 2010. Вип. 40. Част. II. С. 271–277.



10. Грушецький С.М., Кириченко Р.В., Омелянов О.М. Аналіз та перспективи технологічних і конструктивних особливостей посівних машин. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2022. № 2 (117). С. 25–33. doi: 10.37128/2520-6168-2022-2-3
11. He J, Zhang Z Q, Li H W, Wang Q J. Development of small/medium size no-till and minimum-till seeders in Asia: A review. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2014; 7(4): 1-12. DOI:10.3965/j.ijabe.20140704.001
12. P. Savinych, R. Kurbanov, M. Kuboń, J. Kamionka. Stability of semi-mounted sod seeder motion. *Scientific quarterly journal: Agricultural Engineering*. 2015. 3 (155). P. 101–108. DOI: <http://dx.medra.org/10.14654/ir.2015.155.140>
13. L. Conceição, P. Barreiro, S. Dias, M. Garrido, C. Valero, J. R. Marques da Silva. A partial study of vertical distribution of conventional no-till seeders and spatial variability of seed depth placement of maize in the Alentejo region, Portugal. *Precision Agriculture*, 2016. Vol.17. P. 36–52. DOI 10.1007/s11119-015-9405
14. Пат. 156689 Україна, МПК А01С7/20. Дводисковий сошник для ресурсозберігаючих технологій посіву зернових культур / М.В. Бакум та ін. ; власник Держ. біотехнол. ун-т. № u202400597 ; Заявл. 05.02.2024 ; Опубл. 24.07.2024, Бюл. № 30. 5 с.
15. СОУ 74.3-37-129:2004 Випробування сільськогосподарської техніки. Машина посівні. Методи випробувань / М. Собчук та ін. Київ : Мінагрополітики України, 2006. 86 с.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2025 р.

R. Kyrychenko, M. Bakum, O. Koziy, Y. Lubchenko
State Biotechnological University

RESULTS OF FIELD RESEARCH ON DOUBLE-DISC COULTORS FOR SOWING CEREAL CROPS USING MINI-TILL TECHNOLOGY

Summary

The issue of improving the technological process of sowing grain crops under conditions of minimal soil cultivation is considered, which contributes to reducing fuel and lubricant consumption and reducing the time required to perform agrotechnical operations. The design of a two-disk coulters with a cut-out disk for use in grain seeders of the SZ type, designed to improve the quality of sowing using the Mini-till technology, is proposed. The design of the developed two-disk coulters is described for reliable formation of a groove of a given depth for sowing grain seeds when growing using the Mini-till technology using a larger diameter disk with cutouts along its periphery, capable of effectively cutting crop residues and soil formations of increased hardness on the path of the coulters movement, ensuring uniform seed placement to a given depth. When conducting comparative field studies, it was found that the depth of seed placement by serial coulters is less than that of experimental ones and the difference in depth increases with increasing speed of their movement. The coefficient of variation of seed penetration uniformity by depth is smaller in experimental coulters compared to serial two-disk coulters. Experimental field studies confirmed the superiority of the developed coulters over serial analogues in terms of uniformity of embedding depth and seed distribution along the length of the row. This is due to the better ability of the experimental coulters to penetrate into the soil due to increased efficiency of cutting crop residues by the edges of the coulters disks. The results obtained can be used in the development and modernization of seeding machines for resource-saving technologies for growing grain crops.

Keywords: Mini-till technology, grain seeder, seeds, crop residues, double-disc coulters with a cut-out disk, uniformity, depth of cultivation.