

**Кириченко Р. В.,
Лубченко Є. В.,
Козій О. Б.,
Колпаченко А. О.**
Державний біотехнологічний
університет,
м. Харків, Україна
E-mail:
kirichenkoromeo1971@gmail.com

**ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ПОСІВНИХ
МАШИН ДЛЯ MINI-TILL ТА NO-TILL
ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО
ЗЕМЛЕРОБСТВА**

DOI: <https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-26-25-35>

УДК 631.331

Кириченко Р.В., Лубченко Є.В., Козій О.Б., Колпаченко А.О. Огляд конструкцій посівних машин для Mini-Till та No-Till технологій у системах ресурсозберігаючого землеробства.

***Анотація.** Розглянуто актуальні питання підвищення ефективності сівби зернових культур в умовах впровадження ресурсозберігаючих технологій землеробства Mini-Till і No-Till. Проведено огляд сучасних посівних машин, конструктивних особливостей сівалок різних виробників, а також техніко-технологічних рішень, спрямованих на підвищення якості сівби. Проаналізовано конструктарські рішення, що застосовуються в посівних машинах провідних вітчизняних та закордонних виробників, зокрема конструкції сошників, загортачів, притискних механізмів і систем копіювання. Наведені ефективні реалізації технічних рішень, які забезпечують якісну сівбу на полях із великою кількістю пожнивних решток та за зміненою структурою ґрунту. Результати досліджень дають можливість сформулювати уявлення про перспективні напрямки вдосконалення посівних машин та підвищення ефективності її використання в системах сталого землеробства.*

***Ключові слова:** ресурсозберігаючі технології, Mini-Till, No-Till, посівні машини, сівалки, сошники, зернові культури, пожнивні рештки.*

Kyrychenko R.V., Lubchenko E.V., Koziy O.B., Kolpachenko A.O. Review of designs of seeding machines for Mini-Till and No-Till technologies in resource-saving farming systems.

***Abstract.** The current issues of increasing the efficiency of sowing grain crops in the context of the implementation of resource-saving agricultural technologies mini-till and no-till are considered. A review of modern sowing machines, design features of seeders from different manufacturers, as well as technical and technological solutions aimed at improving the quality of sowing is conducted. Design solutions used in sowing machines from leading domestic and foreign manufacturers are analyzed, in particular the designs of openers, wrappers, clamping mechanisms and copying systems. Effective implementations of technical solutions that ensure high-quality sowing in fields with a large amount of crop residues and with a changed soil structure are presented. The research results provide an opportunity to form an idea of promising areas for improving seeding machines and increasing the efficiency of their use in sustainable farming systems.*

***Key words:** resource-saving technologies, Mini-till, No-till, seeders, seed drills, openers, grain crops, crop residues.*

Постановка проблеми

Одним із пріоритетних напрямів розвитку аграрного сектору є впровадження ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту та посіву, що здатні забезпечити підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції при одночасному збереженні природних ресурсів [1, 2]. Особливої актуальності ці питання набувають в умовах кліматичних змін, деградації ґрунтів, підвищення вартості енергоресурсів та необхідності дотримання принципів сталого розвитку.

Традиційні технології вирощування зернових культур, які передбачають багаторазовий обробіток ґрунту з використанням плуга, забезпечують високу якість підготовки посівного ложа, однак мають ряд недоліків. Серед них – висока енергоємність, порушення структури ґрунту, зменшення вмісту гумусу, активізація ерозійних процесів, зниження біологічної активності ґрунтової мікрофлори [3-7]. У зв'язку з цим широке розповсюдження отримують технології мінімального Mini-Till та нульового No-Till обробітку ґрунту, які дозволяють значно зменшити антропогенне навантаження на агроценози та покращити екологічний стан земельних ресурсів [8].

Проте впровадження до зазначених технологій сівби супроводжується низкою технічних, агрономічних і організаційних проблем. Однією із головних задач є забезпечення якісного та рівномірного висіву насіння в умовах залишкової стерні та рослинних решток, їх нерівномірного розподілу як по поверхні поля так і по глибині, зміненої щільності й вологості ґрунту. Сівалки, які використовуються у традиційних умовах, не в повній мірі забезпечують необхідну якість висіву за технологіями Mini-Till і No-Till. Це вимагає вдосконалення конструкцій сошників, зароблюючих органів, систем регулювання глибини та тиску на ґрунт посівних машин.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Поява нових конструкцій сівалок значною мірою зумовлена впровадженням сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, зокрема ґрунтозахисної, мінімальної та нульової, а також прагненням до підвищення точності сівби, універсалізації посівної техніки та використання більш потужних тракторів [9].

Основні напрями розвитку посівних машин включають: збільшення ширини захвату, інтеграцію з комбінованими агрегатами для обробітку ґрунту, а також розробку універсальних посівних комплексів, здатних ефективно функціонувати за умов традиційного, мінімального та нульового обробітку ґрунту [10]. Виробники пропонують широкий спектр технічних рішень, що дозволяють досягати високої якості сходів за умови максимальної продуктивності та мінімальних витрат ресурсів, адаптуючи техніку до умов конкретного господарства.

Останні дослідження та публікації, які присвячені вивченню використання посівних машин у сучасному аграрному виробництві, охоплюють широкий спектр тем і вирізняються інноваційним підходом до розв'язання актуальних завдань. Один із провідних напрямів таких досліджень є аналіз ефективності застосування сучасних посівних машин у системах ресурсозберігаючого землеробства [11–15].

Формулювання мети досліджень

Метою даного дослідження є описовий аналіз конструкцій посівних машин, що використовуються в умовах ресурсозберігаючих технологій обробітку ґрунту Mini-Till

та No-Till, з урахуванням їх агротехнічних вимог, конструктивних особливостей та ефективності функціонування.

Результати досліджень

Для сівби зернових культур за умов ресурсозберігаючих технологій (Mini-Till, No-Till) на сьогодні розроблено та активно застосовується значна кількість різноманітних посівних машин і комплексів як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Посівний комплекс вітчизняного виробництва «Златник» (рис. 1) призначений для висіву зернових культур як за традиційною, так і за мінімальною технологією обробки ґрунту. Це забезпечується наявністю висівного блоку, оснащеного посиленими дводисковими сошниками. Крім того, агрегат може комплектуватися хвилястими дисками, встановленими перед кожним сошником, що дозволяє ефективно працювати на полях із великою кількістю пожнивних залишків, а також здійснювати посів за технологією No-Till.



Рис. 1. Посівний комплекс «Златник»

Роздільно-агрегатна компоновка посівного комплексу забезпечує можливість тривалої безперервної роботи без частих зупинок на обслуговування чи заправку, що сприяє підвищенню продуктивності. Важкий дводисковий сошник із радіальним зміщенням дисків, у поєднанні з хвилястим диском, встановленим перед ним, забезпечує якісну заробку насіння та добрив на задану глибину в умовах різної щільності та вологості ґрунту. Глибина ходу дискових сошників регулюється за допомогою спеціального механізму. Збільшення зусилля на пружині дозволяє сошнику ефективно занурюватися у щільніший ґрунтовий фон, забезпечуючи стабільну глибину сівби.

Посівний комплекс АПК-9,0 Partner (рис. 2), розроблений КБ «Українська аграрна техніка», є багатофункціональним агрегатом, придатним для роботи за технологіями ресурсозбереження.

Завдяки своїй конструкції, що включає культиваторні лапи, пружинні борони, гумові прикочувальні колеса та шпригельні знаряддя, даний комплекс здатен виконувати повний комплекс операцій за один прохід по полю. Цей комплекс забезпечує: розпушення ґрунту, підрізання бур'янів, формування твердого посівного ложа на заданій глибині з одночасним суцільним розсіюванням насіння та добрив під культиваторними лапами; точне дозування насінневого та мінерального матеріалу за допомогою висівних і тукових апаратів; вичісування бур'янів та вирівнювання поверхні ґрунту пружинними боронами; прикочування насіння гумовими колесами; мульчування

верхнього шару ґрунту та збереження вологи шпригельними знаряддями. Така комплексність конструкції забезпечує високу ефективність сівби та адаптивність до різних умов технологій Mini-Till і No-Till.



Рис. 2. Посівний комплекс АПК-9,0 Partner

Посівні комплекси Alcor 7,5 та Alcor 10 (рис. 3), розроблені АТ «Elvortі» (Україна), призначені для смугового посіву зернових, зернобобових та інших культур за умов мінімального або традиційного обробітку ґрунту. Робоча ширина захвату становить відповідно 7,3 і 9,8 м.



Рис. 3. Посівний комплекс ALCOR 10 виробництва АТ Elvortі

Використання комплексів Alcor у технології Mini-Till дозволяє виключити виконання трудомістких і енергозатратних проміжних операцій, таких як оранка та передпосівна культивування. Завдяки застосуванню стрілочастих лап можливе здійснення сівби по стерні з висотою пожнивних залишків до 150 мм, при цьому взаємне перекриття лап становить 75 мм, що забезпечує суцільне оброблення ґрунту у смугі сівби. Гумові прикочувальні котки забезпечують щільне прилягання насіння до вологого ущільненого посівного ложа, що сприяє дружним сходом і підвищенню ефективності використання вологи.

Пневматична однодискова сівалка Orion 9,6, розроблена АТ «Elvortі» (рис. 4), призначена для посіву зернових, зернобобових та інших культур у межах традиційної, мінімальної (Mini-Till) і нульової (No-Till) технології обробітку ґрунту. Робоча ширина захвату сівалки становить 9,6 м, що забезпечує високу продуктивність.

Особливістю конструкції сівалки є оснащення посівних секцій радіальною підвіскою, яка дозволяє ефективно копіювати рельєф поля та забезпечує рівномірну заробку насіння на задану глибину навіть на нерівних ділянках. Завдяки поєднанню однодискових сошників і ефектвної системи притискання, сівалка здатна якісно

працювати на полях із великою кількістю поживних залишків, що є характерним для ресурсозберігаючих технологій.



Рис. 4. Сівалка пневматична однодискова Orion 9,6

Механічні зернові сівалки Alfa 6 Mini-Till та Alfa 4 Mini-Till виробництва АТ «Elvort» (рис. 5) призначені для рядкового посіву зернових і зернобобових культур із одночасним внесенням мінеральних добрив та коткуванням ґрунту в зоні засіяного рядка. Застосування даних агрегатів забезпечує високу якість сівби відповідно до вимог ресурсозберігаючих технологій, зокрема Mini-Till.



Рис. 5. Сівалка механічна зернова Alfa 6 Mini-Till

Сівалки оснащені дводисковими сошниками зі зміщеними дисками, що забезпечує стабільну роботу агрегатів за наявності значної кількості поживних решток на поверхні поля. Завдяки застосуванню технології обробки сталей із вмістом бору, ресурс роботи сошників збільшено на 100 %, що сприяє підвищенню надійності техніки в польових умовах.

Вдосконалена система притискання CoultSystem із прикочувальним котком забезпечує тиск сошника до 130 кг за рахунок гідравлічного клапана та пружин підвищеної жорсткості. Це дозволяє стабільно витримувати задану глибину заробки насіння та добрив і забезпечує високу якість посіву при мінімальному обробці ґрунту.

Сівалка Semeato PD-17 (рис. 6) – універсальна зернова сівалка бразильського виробництва, призначена для рядкового посіву зернових колосових культур та широкорядного посіву просапних культур із одночасним внесенням мінеральних добрив. Конструкція сівалки дозволяє здійснювати змішаний та сумісний посів, що підвищує її адаптивність до різноманітних агротехнологій. Робоча ширина захвату становить 2,9 м, при міжрядді 17 см сівалка оснащена 17 сошниками. Сівалка Semeato

PD-17 здатна працювати на різних агрофонах: після оранки, дискування або безпосередньо по стерні.



вигляд спереду



вигляд ззаду

Рис. 6. Сівалка Semeato

Подвійна рама і паралелограмна підвіска посівної секції забезпечують високоточне копіювання мікрорельєфу поля та безперешкодне проходження через значну кількість поживних залишків. Шахове розташування посівних секцій та їх зміщення відносно коліс регулювання глибини сприяють якісному посіву на зволжених ґрунтах.

Сошники сівалки мають мінімальний кут між дисками 7° , що забезпечує мінімальне порушення ґрунтової структури при здатності ефективно розрізати рослинні решки. Значна маса агрегату 3500 кг дозволяє створювати тиск до 250 кг/см^2 на сошник, що гарантує стабільну глибину заробки насіння. V-подібні прикочувальні колеса ущільнюють насіння під кутом до зони проростання, забезпечуючи надійний контакт із ґрунтом, а також мають систему регулювання кута атаки для адаптації до різних ґрунтових умов.

Сівалка Amazone Primera DMC 6000-2C (рис. 7), виробництва компанії Amazone-Werke (Німеччина), призначена для проведення мульчованого та прямого посіву зернових культур. Основною особливістю цієї сівалки є використання долотоподібних сошників з гострим кутом входження в ґрунт та паралелограмною підвіскою, що забезпечує точне дотримання глибини висіву та формування стабільної посівної борозни. Сошники розташовані в 4 ряди на поздовжніх траверсах, з відстанню між рядами 18,75 см, утворюючи наскрізний «тунель» довжиною 75 см, що сприяє ефективному проходу через мульчу та рослинні залишки.



Рис. 7. Сівалка Amazone Primera DMC 6000-2C

Задній подвійний коток сівалки забезпечує ущільнення ґрунту в посівній борозні, що оптимізує контакт насіння з ґрунтом, покращуючи умови для проростання. Механізм запобіжної системи Revomat дозволяє надійно проводити посів навіть на кам'янистих ґрунтах, що підвищує універсальність агрегату.

Заробляється насіння за допомогою рамкових котків, оснащених відбивними дисками та рамками, виготовленими з високоміцного матеріалу, що забезпечує високу зносостійкість. Рамки виконують роль опорних елементів, утримуючи долото та гарантуючи рівномірну глибину посіву. У процесі утворення борозни долотом частина ґрунту відкидається, а обидва диски повертають цей ґрунт назад у посівну борозну, що дозволяє створити оптимальні умови для укріплення насіння. Глибина посіву регулюється централізовано для кожної групи сошників за допомогою регульовальної рукоятки, що дає можливість точного налаштування під різні умови обробки ґрунту та культури.

Комбінована сівалка Omega OO FL фірми Vednar (Чехія) (рис. 8) призначена для посіву зернових культур за традиційною технологією, по стерні та за мінімальною технологією обробки ґрунту з великою кількістю поживних залишків на поверхні. Сівалка оснащена переднім гумовим пневматичним котком Frontpack, діаметр коліс якого становить 710 мм. Коток вирівнює поверхню поля, включаючи борозни, а також забезпечує стійкість агрегата на одному рівні, що сприяє покращеній прохідності сівалки при роботі на полях з великою кількістю поживних залишків.



Рис. 8. Комбінована сівалка Omega OO FL

Основною особливістю сівалки є наявність двох рядів дисків, які подрібнюють рослинні рештки та змішують їх з ґрунтом, створюючи аерацію перед ущільненням котком і висівом насіння. Глибина руху дисків регулюється гідравлічно, що дозволяє точно налаштувати роботу сівалки відповідно до умов поля. Спеціальний рифлений диск діаметром 460×5 мм має покращений подрібнюючий і перемішуючий ефект порівняно з стандартними дисками завдяки великій кількості гострих кромки і профільній формі, що дозволяє краще змішувати рослинні залишки з ґрунтом.

Диски розташовані по два на одній стійці, що збільшує прохідність між стійками з відстанню 49 см, дозволяючи ефективно працювати навіть в умовах великої кількості рослинних залишків на поверхні поля.

Сівалка також може бути оснащена Turbo-колтерами – гострими дисками, розміщеними за дисковою секцією. Ці колтери працюють у тому ж міжрядді з сошниками, подрібнюючи і перемішуючи рештки стерні з ґрунтом перед висівом

насіння. Дводисковий сошник зі зміщеними дисками ефективно подрібнює рештки і формує вільну борозну для рівномірного розміщення насіння. Після цього насіння заробляється у добре структурований ґрунт, а прикочувальний коток забезпечує надійне ущільнення.

Посівний комплекс MegaSeed (Німеччина) (рис. 9) є причіпною рядковою сівалкою з ґрунтообробною приставкою, призначеною для сівби зернових культур за традиційною та ресурсозберігаючою технологіями. Комплекс випускається з робочою шириною захвату 3; 4; 4,5 та 6 м. Відстань між рядками становить 12,5 см. Залежно від типу встановлених робочих органів, сівалка може ефективно використовуватися як при сівбі за класичною технологією, так і для мульчувального чи прямого посіву.



Рис. 9. Посівний комплекс «MegaSeed»

Сівба здійснюється по мульчуючому шару ґрунту, сформованому в результаті попереднього подрібнення та заробки рослинних решток. При невеликій щільності ґрунтів агрегат може використовуватися для прямого посіву без попереднього обробітку з використанням відповідних мульчуючих робочих органів.

Залежно від стану поля та обраної технології, посівний комплекс MegaSeed може бути оснащений різними ґрунтообробними елементами: дворядною дисково-ножовою бороною; комбінацією борін з S-подібними вібраційними зубами у два ряди; дворядним зубчастим котком; або багаторядними мульчуючими дисковими робочими органами у поєднанні з котками різного типу – зубчастим (Ø 660 мм), мульчувальним (Ø 640 мм) чи гумовим (Ø 640 мм). Така комплектація дозволяє адаптувати сівалку до різних агрофонів.

Глибина заробки насіння регулюється механізмом прикочувальних котків залежно від типу ґрунту та культури. Прикочувальні котки забезпечують рівномірне ущільнення та стабільну глибину загортання насіння. Завдяки широким еластичним шинам котки не занурюються в легкі ґрунти та не забиваються при підвищеній вологості.

Сівалка оснащена вирізними дисковими сошниками на шарикопідшипниках, які формують борозенки для розміщення насіння. Високий тиск на сошники до 800 Н забезпечує стабільну роботу та рівномірну глибину посіву на різних типах ґрунтів. У разі потреби навантаження на сошники може бути знижено. Пружинний загортач, який розташований ззаду, завдяки зміні кута атаки, дозволяє працювати на полях з високим вмістом залишків рослин, при цьому не забиваючись.

Посівний комплекс MegaSeed з дисково-ножовими боронами та мульчуючими дисками є ефективним рішенням для сівби в умовах значної кількості поживних залишків з інтенсивним їх заробкою у ґрунт.

Обговорення

Вибір сівалки визначається агротехнічними вимогами і способом системи обробітку ґрунту. Виходячі з цього, необхідним є застосування відповідної сошникової групи – одного з основних конструктивних елементів сівалки, який визначає її технологічне призначення та забезпечує стабільність і якість висіву. Конструкція сошників обумовлює адаптацію посівних машин до умов сівби за традиційною, мінімальною або нульовою технологією обробітку ґрунту, забезпечуючи ефективну заробку. Аналіз конструкцій посівних машин свідчить, що сівба зернових культур за ресурсозберігаючою технологією може виконуватись із застосуванням трьох основних типів сошників: лапових, долотоподібних та дискових.

Великі сільськогосподарські підприємства мають змогу інвестувати у придбання сучасних вітчизняних та імпорتنих посівних машин, оснащених робочими органами, що забезпечують ефективний висів зернових культур за умов ресурсозберігаючих технологій. Однак проведений аналіз конструкцій таких сівалок засвідчив, що вони характеризуються складною будовою, високою матеріалоемністю та значною вартістю, що істотно обмежує можливості їхнього придбання і використання дрібними та середніми фермерськими господарствами.

З урахуванням конструктивних рішень сучасних посівних машин та ґрунтово-кліматичних умов вирощування зернових культур в Україні, модернізація існуючих сівалок шляхом оснащення їх удосконаленими зароблюючими робочими органами дозволить підвищити ефективність технологічного процесу сівби.

Висновки

1. Застосування технологій Mini-Till та No-Till у вирощуванні зернових культур повністю відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження, екологічної безпеки та адаптації агровиробництва до кліматичних змін. Впровадження цих технологій дає змогу суттєво знизити енергетичні та матеріальні витрати на обробітку ґрунту, мінімізувати прояви водної та вігрової ерозії, а також забезпечити ефективне збереження вологи, що є особливо актуальним для посушливих регіонів.

2. Аналіз конструкцій сучасних посівних машин, призначених для ресурсозберігаючих технологій вирощування зернових культур, засвідчив, що основними тенденціями їх розвитку є універсальність застосування, адаптивність до різних типів ґрунтів та агрофонів, а також здатність забезпечувати стабільну глибину заробки насіння.

3. Важливою конструкційною особливістю сівалок є наявність елементів, що сприяють ефективному проходженню посівного агрегату по полю з великою кількістю рослинних решток. До таких рішень належать шахове розташування сошників, дводискові сошники з підвищеним тиском на ґрунт, використання Turbo-дисків і мульчуючих робочих органів.

4. Отримані результати можуть бути використані для подальших розробок посівних машин, здатних адаптуватися до різних агрокліматичних умов і типів ґрунтів з метою забезпечення якісного висіву за мінімальних витрат ресурсів.

Список використаних джерел

1. Інноваційні ресурсозберігаючі технології: ефективність в умовах різного фінансового стану агроформувань: монографія, за ред. професора Г.Є. Мазнева. Харків: Вид-во «Майдан», 2015. 592 с.

2. Blanco-Canqui, H., Lal, R. Principles of Soil Conservation and Management. Springer Science. 2008. 617 p.
3. Лозовіцький П.С. Основи землеробства та рослинництва Книга 1. Землеробство: Посібник для вищих учбових закладів. К. 2010. 268 с.
4. Derpsch, R., Friedrich, T. Sustainable Crop Production Intensification: The Role of Conservation Agriculture. FAO, Rome. 2019.
5. Reicosky, D.C. Conservation tillage and carbon cycling: Impacts on soil and climate. Soil & Tillage Research, Vol. 180, 2018. pp. 2–13.
6. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. К.: ВД «ЕМКО», 2007. 44 с.
7. Циліорик О.І. Система мульчувального обробітку ґрунту в Північному Степу: монографія. Дніпро: Новий Світ. 2000, 2019. 298 с.
8. Медведєв В.В. Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах. Харків: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. 202 с.
9. Данилюк Т. Обґрунтування технології обробітку ґрунту та посіву. Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2011. Вип. 15(29). С. 486-488.
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. Гевко Б.М., Ляшук О.Л., Павельчук Ю.Ф., Пришляк В.М. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин: монографія. Тернопіль: Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 238 с.
12. Думич В., Сало Я. Дослідження нових зернових сівалок українських виробників. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2020. Вип. 26 (40). С. 162-169.
13. Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навч. посіб. Кропивницький: Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.
14. Кириченко Р.В., Лубченко Є.В., Калашник В.В. Технологічні умови сівби зернових культур за ресурсозберігаючою технологією Mini-Till. Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали Міжнарод. наук.-практ. конф. Х.: ДБТУ. 2023. С. 145-146.
15. Кириченко Р.В., Бурлака С.А. Шляхи удосконалення конструкцій сівалок для точного землеробства. Вібрації в техніці та технологях. - 2023. - № 4 (111). С. 37-46. - DOI 10.37128/2306-8744-2023-4-6.

References

1. Innovative Resource-Saving Technologies: Efficiency under Different Financial Conditions of Agricultural Enterprises: Monograph / ed. by Prof. H.Ye. Mazniev. Kharkiv: «Maidan», 2015. 592 p.
2. Blanco-Canqui, H., Lal, R. Principles of Soil Conservation and Management. – Springer Science. 2008. 617 p.
3. Lozovytskyi P.S. Fundamentals of Agriculture and Crop Production. Book 1. Agriculture: Textbook for Higher Education Institutions. Kyiv, 2010. 268 p.
4. Derpsch, R., Friedrich, T. Sustainable Crop Production Intensification: The Role of Conservation Agriculture. – FAO, Rome. 2019.
5. Reicosky, D.C. Conservation tillage and carbon cycling: Impacts on soil and climate. // Soil & Tillage Research, Vol. 180, 2018. pp. 2–13.

6. Saiko V.F., Malienko A.M. Soil Tillage Systems in Ukraine. Kyiv: VD «EMKO», 2007. 44 p.
7. Tsiliuryk O.I. Mulching Tillage System in the Northern Steppe: Monograph. Dnipro: Novyi Svit – 2000, 2019. 298 p.
8. Medvedev V.V. Zero Tillage in European Countries. Kharkiv: EDEMA LLC, 2010. 202 p.
9. Danyliuk T. Substantiation of Soil Tillage and Sowing Technology. Collection of Scientific Works of the Ukrainian Research Institute of Forecasting and Testing of Machinery and Technologies for Agricultural Production named after L. Pohorilyi. Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine. 2011. Issue 15(29). P. 486–488.
10. Hrushetskyi S.M., Kyrychenko R.V., Omelianov O.M. Analysis and Prospects of Technological and Design Features of Seeding Machines. Machinery, Energy, Transport in Agro-Industrial Complex. 2022. No. 2 (117). P. 25–33. DOI: 10.37128/2520-6168-2022-2-3.
11. Hevko B.M., Liashuk O.L., Pavelchuk Yu.F., Pryshliak V.M. Technological Foundations of Design and Manufacturing of Seeding Machines: Monograph. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2014. 238 p.
12. Dumych V., Salo Ya. Research on New Grain Drills by Ukrainian Manufacturers. Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine. 2020. Issue 26 (40). P. 162–169.
13. Salo V., Leshchenko S., Luzan P., Salo L. Machines for Sowing, Planting, and Crop Care: Textbook. Kropyvnytskyi: Lysenko V.F., 2022. 220 p.
14. Kyrychenko R.V., Lubchenko Y.V., Kalashnyk V.V. Technological Conditions for Sowing Grain Crops Using Resource-Saving MINI-TILL Technology. Youth and Technical Progress in the Agro-Industrial Complex: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Kharkiv: DBTU. 2023. P. 145–146.
15. Kyrychenko R.V., Burlaka S.A. Ways of Improving Seeder Designs for Precision Farming. Vibrations in Engineering and Technologies. 2023. No. 4 (111). P. 37–46. DOI: 10.37128/2306-8744-2023-4-6.