

УДК 631.362:631.115

<https://doi.org/10.31713/vs2202621>

Бундза О. З. [1; ORCID ID: 0000-0003-3770-0273],

К.Т.Н., доцент

¹Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

ЗАСОБИ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА ДЛЯ НЕВЕЛИКИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

У статті розглянуто сучасні підходи до післязбиральної обробки зерна у невеликих фермерських господарствах України. Систематизовано результати досліджень вітчизняних та зарубіжних авторів щодо аеродинамічної та ситової сепарації, впливу параметрів коливання сит, форми отворів та автоматизації процесів очищення. Проаналізовано конструктивні особливості мобільних зерноочисних машин, зокрема Bench Mini Seed Cleaner, GCS Screen Grain Cleaner та Forsberg P-Series Aspirator, їх переваги й обмеження. Обґрунтовано потребу у створенні доступної за ціною компактної віялки з електроприводом, яка забезпечить стабільність роботи, зручність експлуатації та відповідність економічним і технологічним можливостям малих господарств.

Ключові слова: сепарація зерна; віялка; аспіраційні системи; зерно; ситове очищення; автоматизація; зерноочисні машини.

Вступ. Аграрна галузь нашої держави характеризується високою інтенсивністю виробництва та постійним пошуком нових рішень для підвищення якості продукції й зниження витрат. Важливим напрямом є післязбиральна обробка зерна, що охоплює очищення, сортування та провіювання [1]. Якісна сепарація зернової маси визначає її придатність до зберігання, переробки та реалізації. Для малих фермерських господарств (до кількох гектарів) особливо актуальним є використання простого й економічного обладнання для провіювання.

Зерно пшениці, ячменю та сої з невеликих господарств часто містить легкі домішки, пил [2], залишки соломи та насіння бур'янів, що знижує якість і ринкову вартість, а також ускладнює зберігання. Традиційні методи очищення у великих агропідприємствах базуються на складних зерноочисних комплексах, які потребують значних інвестицій, високих енерговитрат і професійного обслуговування. Для малих господарств такі рішення економічно недоцільні.

Малі фермерські господарства стикаються з вибором: або інвестувати у дорогі промислові зерноочисні комплекси, які не є рентабельними при невеликих обсягах зернових, або користуватися застарілими ручними пристроями, що не відповідають сучасним вимогам. Необхідність підвищення ефективності первинної обробки зерна в малих господарствах зумовлює створення нових сепараційних установок, що поєднують просту конструкцію, доступність виготовлення та достатню продуктивність для умов невеликих фермерських господарств.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженнями сепарації зерна займалися багато вітчизняних та іноземних авторів.

Дослідження аеродинамічної сепарації зерна проводив Сергій Степаненко. Він аналізував рух зернової маси у повітряному потоці та моделював відокремлення домішок за питомою вагою й формою частинок [3]. Використовуючи математичні моделі взаємодії зерна з повітрям, автор сформував рекомендації щодо оптимізації параметрів вентиляторів і геометрії каналів у пневмосепараторах, що зменшує втрати повноцінного зерна та підвищує якість очищення.

Борис Котов та Валентин Мироненко досліджували шляхи підвищення ефективності процесу повітряно-решітної вібропневмосепарації зернових матеріалів шляхом використання пульсуючого повітряного потоку. Науковці встановили, що псевдозрідження зернового шару під дією коливань і повітряного тиску надає йому властивості в'язкої рідини, що дозволяє інтенсифікувати розшарування зернової маси за розміром, густиною та масою частинок [4]. На основі проведених теоретичних досліджень ними сформульовано аналітичні та напівемпіричні залежності, які описують взаємозв'язок швидкості занурення частинок із кінематичними та аеродинамічними параметрами процесу.

Олексій Васильковський з колективом співавторів досліджував інтенсифікацію процесу на плоских коливних ситах із зигзагоподібними отворами, які зменшують ризик забивання та забезпечують рівномірний рух зернової маси [5]. Він довів вирішальний вплив форми отворів на ефективність сепарації та запропонував конструктивні рішення ситових блоків, що підвищують продуктивність без значного росту енергоспоживання.

Сергій Лещенко, Сергій Мороз та Дмитро Петренко досліджували показники енергоємності роботи інерційного прямооточного сепаратора зерна оснащеного лопатевим ротором [6]. Виявили, що однією зі складових потужності холостого ходу є коефіцієнт пропорційності, який враховує енергетику внутрішніх процесів. Отримали залежності, що описують вплив параметрів лопатевого ротора на потужність приводу.

Сергій Степаненко з колективом фахівців займались автоматизацією процесів сепарації зерна. Вони розробляли системи автоматичного контролю якості зерна з використанням сенсорів і алгоритмів машинного аналізу [7], що дозволяють у реальному часі регулювати параметри роботи. Практичним результатом стали рекомендації щодо впровадження автоматизованих систем у фермерських господарствах, що забезпечує стабільність процесу та зменшує залежність від досвіду оператора.

Постановка завдання. Метою роботи є огляд наукових досліджень процесів сепарації зерна та аналіз засобів провіювання й очищення, адаптованих для використання у невеликих фермерських господарствах.

Виклад основного матеріалу. Мобільні фермерські віялки стали практичним рішенням для невеликих господарств, які потребують гнучкого та оперативного обладнання для сепарації зерна. Їх ключовою перевагою є можливість роботи безпосередньо біля місця зберігання зерна. Це усуває необхідність будівництва стаціонарної інфраструктури чи транспортування зерна до сторонніх зерноочисних комплексів. Машина може бути оперативно доставлена на потрібну локацію, що забезпечує економію часу й ресурсів.

Другою важливою перевагою є компактність конструкції. Більшість моделей виконані у вигляді єдиного корпусу, що дозволяє переміщувати обладнання одному працівнику, що особливо актуально для невеликих господарств із обмеженим персоналом та складськими площами. Завдяки мобільності й компактності віялки легко зберігати у звичайному господарському приміщенні, забезпечуючи ефективність без додаткових витрат на інфраструктуру.

Одним із прикладів сучасних рішень є Small Mobile Grain Cleaner (США) – компактна зерноочисна машина продуктивністю до 1 т/год, оснащена електродвигуном потужністю 1,5 кВт та системою регулювання заслінок [8].

Конструкція призначена для роботи безпосередньо на току, забезпечуючи очищення пшениці, ячменю, сої та кукурудзи. Машина спроектована для роботи з невеликими обсягами зерна й насіння. Для фермерів із малими площами землі це означає можливість самостійного базового очищення без транспортування до елеваторів. Робота здійснюється за принципом air-screen, що поєднує ситове очищення з дією повітряного потоку (рис. 1).

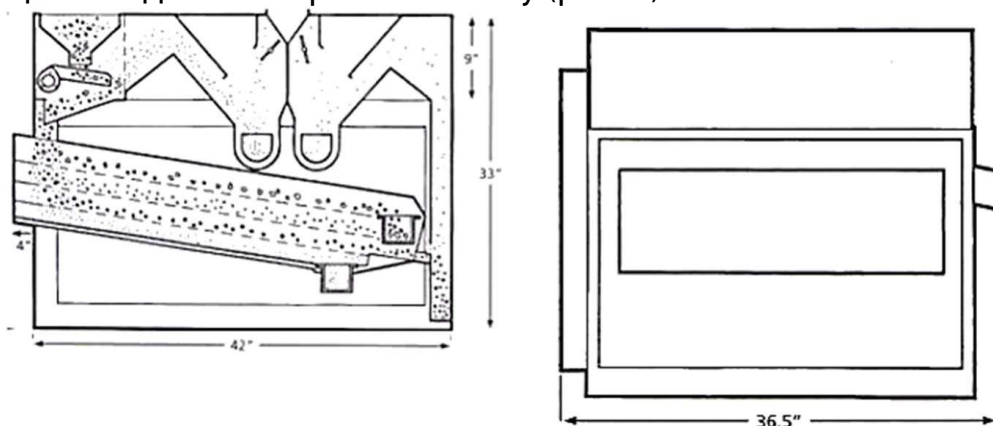


Рис. 1. Віялка Bench Industries Mini Seed Cleaner

Обладнання є адаптованим до застосування у невеликих складських приміщеннях та може використовуватися сезонно.

Віялка забезпечує якісну очистку зерна, достатню для насіннєвих цілей, що актуально для селекції та збереження власного матеріалу. Конструкція проста в експлуатації – зерно подається у бункер, проходить через ситовий блок, а повітряний потік видаляє легкі домішки. Заміна сит дозволяє працювати з різними культурами, від зернових до бобових.

Основним обмеженням є висока ціна, орієнтована швидше на дослідні станції та селекційні компанії, ніж на дрібних фермерів. Продуктивність також невелика – машина ефективна лише для малих партій, тоді як при кількох тонах урожаю процес стає надто тривалим. Крім того, потрібні базові навички налаштування сит і повітряного потоку, що може ускладнити роботу недосвідчених операторів. Відсутність розвиненої аспіраційної системи призводить до накопичення пилу у приміщенні, створюючи додаткові вимоги до вентиляції.

Ще одним рішенням для базового очищення зерна є віялка GCS Screen Grain Cleaner (США). Це зерноочисна машина, створена

американською компанією GCS [9] спеціально для фермерів, які потребують простого й надійного обладнання для базового очищення зерна (рис. 2).



Рис. 2. Віялка GCS-600 Screen Grain Cleaner

Основне призначення зерноочисної машини полягає у видаленні грубих домішок (соломи, каміння, грудок ґрунту) та дрібних включень (битих зерен, пилу), що погіршують якість зернової маси. Робочий процес реалізується за принципом ситового очищення: зерно надходить на каскад сит із різними діаметрами отворів, які забезпечують відсікання небажаних фракцій. Конструкція GCS Screen Grain Cleaner орієнтована на використання у невеликих фермерських господарствах, що займаються вирощуванням пшениці, ячменю, сої та кукурудзи, та дозволяє отримати зерно, придатне для зберігання чи реалізації без значних капіталовкладень у промислові комплекси.

Характерною рисою цієї зерноочисної установки є її конструктивна простота та експлуатаційна надійність. Відсутність складних електронних систем та аспіраційних каналів забезпечує доступність у використанні навіть для фермерів без спеціальної технічної підготовки. GCS Screen Grain Cleaner призначена для роботи у польових умовах, де критичною є висока швидкість процесу та мінімальні вимоги до технічного обслуговування.

Проте є і недоліки. Машина має обмежену функціональність – виконує лише базове ситове очищення без аспірації, тому зерно може залишатися частково забрудненим. Обладнання ефективно лише для невеликих партій, тоді як при більших обсягах процес стає надто тривалим. Сита потребують регулярного ручного очищення, що

знижує ефективність у період жнив. Відсутність сучасних систем керування (частотного регулювання вентилятора, автоматизованого контролю) робить якість очищення залежною від досвіду оператора.

Цікавим рішенням є Forsberg P-Series Portable Aspirator (рис. 3) – компактне зерноочисне обладнання, розроблене компанією Forsberg (США) [10]. Обладнання забезпечує очистку зерна від пилу, залишків соломки та інших легких включень, які знижують якість зерна та ускладнюють його подальше використання. Машина працює наступним чином: вентилятор створює потік повітря, який проходить крізь зернову завісу й видуває легкі частинки, залишаючи якісне зерно.

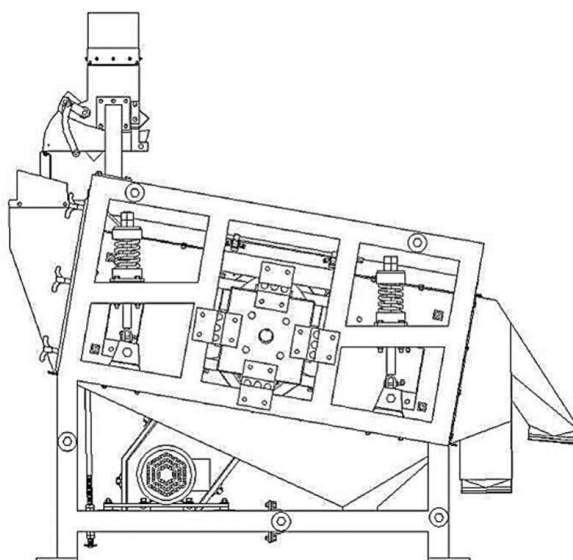


Рис. 3. Віялка Forsberg P-Series Portable Aspirator

Обладнання є компактным та може бути легко переміщене між локаціями, що є актуально насамперед для невеликих фермерських господарств, які не мають стаціонарної інфраструктури для післязбиральної обробки зерна.

Forsberg P-Series часто використовується для додаткової очистки після ситових машин: продуктивний вентилятор та оптимізована конструкція аспіраційного каналу забезпечують ефективну доочистку зерна. Найчастіше це застосовують для культур із високою парусністю, наприклад, сої чи ячменю, де залишки лушпиння можуть суттєво знижувати якість продукції.

Обладнання орієнтоване на виробників, які прагнуть отримати зерно високої якості. Водночас його вартість не завжди підходить для господарств із невеликим бюджетом.

Отже, є потреба у створенні недорогого технічного рішення, здатного забезпечити базову очистку зерна для невеликих фермерських господарств.

Висновок. Базова очистка зерна є важливою задачею, для невеликих фермерських господарств, успішне рішення якої забезпечить кращу їх рентабельність. Огляд досліджень процесів сепарації зерна та аналіз засобів провіювання й очищення, адаптованих для використання у невеликих фермерських господарствах дозволив виявити потребу в створенні доступної по ціні віялки для сепарації зерна у невеликих фермерських господарствах. Система керування електроприводом має бути ключовим елементом конструкції, забезпечуючи стабільність роботи, зручність експлуатації та потенціал для подальшої модернізації. Отже, створення компактної віялки для провіювання пшениці, ячменю та сої є актуальним завданням, що має практичне значення для розвитку невеликих господарств й підвищення конкурентоспроможності українських фермерів.

1. Герасимчук О. П. Вплив елеваторної промисловості на екологічну ситуацію в Україні. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2025. № 2. С. 64–68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-64-68>
2. Forsberg's Inc. Grain Separation Products. URL: <https://forsbergs.com/product/category/grains/> (дата звернення: 01.04.2026).
3. Степаненко С. П., Котов Б. І. Основні теоретичні положення сепарації зернового матеріалу в повітряних каналах з нерівномірною швидкістю повітряного потоку. *Вісник Центральноукраїнського національного технічного університету*. 2020. Вип. 50. С. 122–133. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.122-133>.
4. Котов Б. І., Мироненко В. Г., Погорілий С. П., Грищенко В. О., Панцир Ю. І. Аналіз процесів вібропневмосепарації зернових матеріалів з точки зору завдань керування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 12(43). Ч. 1. С. 206–216. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).1.206-216](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).1.206-216).
5. Бажан І. М., Васильковський О. М., Лещенко С. М., Амосов В. В. Інтенсифікація процесу сепарації зерна на плоскому коливальному решеті із зигзаговидним розташуванням отворів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2024. Вип. 54. С. 192–202. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.192-202>.
6. Васильковський О. М., Лещенко С. М., Мороз С. М., Петренко Д. І. Дослідження енергоємності холостого ходу відцентрового сепаратора зерна. *Вісник Центральноукраїнського національного технічного університету*. 2018. Вип. 48. С. 176–183. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.176-183>.
7. Застосування машинного зору для контролю якості зерна під час розділення / С. Степаненко, А. Кузьмич, С. Харченко, А. Борис, В. Днесь, Д. Волик, Р. Калініченко. *Журнал*

інженерних наук. 2025. № 12(1). С. Е9–Е17. DOI: [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2) 8. Bench Industries. Mini Seed Cleaner and Grain Cleaner. URL: <https://benchindustries.com/forsberg-gravity-separators/> (дата звернення: 01.04.2026). 9. GCS-600 Screen Grain Cleaner. URL: https://gcsgraincleaner.com/gcs_products/gcs-600-screen-cleaner/ (дата звернення: 01.04.2026). 10. Forsberg's Inc. Screen Separators. 4800 Series. URL: <https://forsbergs.com/product/screen-separators/4800-series/> (дата звернення: 01.04.2026).

REFERENCES:

1. Herasymchuk O. P. Vplyv elevatornoi promyslovosti na ekolohichnu sytuatsiiu v Ukraini. *Visnyk Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva*. 2025. № 2. С. 64–68. DOI: <https://doi.org/10.32782/2310-0478-2025-2-64-68>
2. Forsbergs Inc. Grain Separation Products. URL: <https://forsbergs.com/product/category/grains/> (data zvernennia: 01.04.2026).
3. Stepanenko S. P., Kotov B. I. Osnovni teoretychni polozhennia separatsii zernovoho materialu v povitrianykh kanalakh z nerivnomirnoiu shvydkistiu povitrianoho potoku. *Visnyk Tsentralnoukrainskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2020. Vyp. 50. С. 122–133. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.122-133>
4. Kotov B. I., Myronenko V. H., Pohorilyi S. P., Hryshchenko V. O., Pantsyr Yu. I. Analiz protsesiv vibropnevmostatsii zernovykh materialiv z tochky zoru zavdan keruvannia. *Tsentralnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*. 2025. Vyp. 12(43). Ch. 1. С. 206–216. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).1.206-216](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).1.206-216)
5. Bazhan I. M., Vasylovskiy O. M., Leshchenko S. M., Amosov V. V. Intensyfikatsiia protsesu separatsii zerna na ploskomu kolyvalnomu resheti iz zyhzhovydnym roztashuvanniam otvoriv. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*. 2024. Vyp. 54. С. 192–202. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.192-202>
6. Vasylovskiy O. M., Leshchenko S. M., Moroz S. M., Petrenko D. I. Doslidzhennia enerhoiemnosti kholostoho khodu vidtsentrovoho separatora zerna. *Visnyk Tsentralnoukrainskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. 2018. Vyp. 48. С. 176–183. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.176-183>
7. Zastosuvannia mashynnoho zoru dlia kontroliu yakosti zerna pid chas rozdilennia / S. Stepanenko, A. Kuzmych, S. Kharchenko, A. Borys, V. Dnes, D. Volyk, R. Kalinichenko. *Zhurnal inzhenernykh nauk*. 2025. № 12(1). С. Е9–Е17. DOI: [https://doi.org/10.21272/jes.2025.12\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2)
8. Bench Industries. Mini Seed Cleaner and Grain Cleaner. URL: <https://benchindustries.com/forsberg-gravity-separators/> (data zvernennia: 01.04.2026).
9. GCS-600 Screen Grain Cleaner. URL: https://gcsgraincleaner.com/gcs_products/gcs-600-screen-cleaner/ (data zvernennia: 01.04.2026).
10. Forsbergs Inc. Screen Separators. 4800 Series. URL: <https://forsbergs.com/product/screen-separators/4800-series/> (data zvernennia: 01.04.2026).

Bundza O. Z. [1; ORCID ID: 0000-0003-3770-0273],
Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor

¹*National University of Water and Environmental Engineering, Rivne*

GRAIN SEPARATION EQUIPMENT FOR SMALL FARMS

Agriculture in Ukraine is characterised by high production intensity and a constant search for technological solutions to improve product quality and reduce costs. An important area is post-harvest grain processing, which includes cleaning, sorting and winnowing. Effective separation of the grain mass determines its suitability for storage, processing and sale. For small farms, the use of simple and cost-effective winnowing equipment is particularly relevant.

Wheat, barley and soya beans from small farms often contain light impurities, dust, straw residues and weed seeds, which reduce quality and market value, as well as complicating storage. Traditional cleaning methods in large agricultural enterprises rely on complex grain cleaning systems, which require significant investment, high energy consumption and professional maintenance. For small farms, such solutions are not economically viable.

Small farms face a dilemma: whether to invest in expensive industrial grain cleaning systems, which do not pay for themselves on small plots of land, or to use outdated manual devices that do not meet modern requirements. This situation creates a need for new grain separation equipment that combines affordability, simple design and sufficient efficiency for small-scale producers.

Mobile farm winnowers have become a practical solution for small farms requiring flexible and efficient equipment for grain cleaning. Their main advantage lies in the ability to operate directly at the storage site or on the threshing floor, where the grain is located after harvesting.

A review of research into grain separation processes and an analysis of winnowing and cleaning methods adapted for use on small farms revealed a need for an affordable winnower for grain separation on small farms.

Keywords: grain separation; winnower; aspiration systems; grain; sieve cleaning; automation; grain cleaning machines.

Отримано / Received: 14.04.2026

Прийнято до друку / Accepted: 15.05.2026

Опубліковано / Published: 29.05.2026



© 2026 [Bundza O. Z.]. Licensee {NUWEE}. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license ([creativecommons.org](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/))