e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

SYNERGY IN IMPROVING THE SINGLE-SEED FLOW IN A PNEUMATIC-MECHANICAL SEEDER

K. Vasylkovska[1*], R. Ferents[2], M. Vasylkovsky[1]

[1]Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine
[2]Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

AGRICULTURAL MACHINES
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Key words:
precision seeders,
seeding mechanism,
seeding disc,
seeds,
excess seed ejector

Article history:
Received 12.04.2026
Reviewed 28.09.2026
Approved 30.10.2026

[*]***Corresponding author:***
vasilkovskakv@ukr.net

ABSTRACT

This article examines ways to improve the efficiency and quality of single-seed flow formation in the pneumatic-mechanical seed metering units of precision seeders. It has been established that the quality of the sowing process directly affects the uniformity of seed placement in the furrow, which determines the uniformity of emergence and the yield of crops. An analysis of modern seeding unit designs was conducted, and it was determined that the most common are vacuum-type and overpressure-type pneumatic-mechanical disc seeding units. An analysis of the main components of pneumatic-mechanical disc seeding units—seeding discs and excess seed ejectors—was also performed.

The classification of seeding discs by purpose, hole shape, and airflow type is examined. It is determined that the geometry of the disc holes significantly influences the process of seed capture, retention, and transport. An analysis was conducted of the designs of excess seed ejectors, which ensure the formation of a single-seed flow by removing excess seeds. Mechanical, pneumatic, combined, and active ejectors were investigated, and their functional capabilities and limitations were established.

The feasibility of integrating the advantages of various design solutions to improve seeding accuracy has been substantiated. A design for a vacuum-action pneumomechanical seeding unit has been proposed, utilizing a seeding disc with elongated holes and an excess seed ejector with a curved working surface. This design will ensure improved formation

DOI: 10.36910/acm.vi52.2322

To cite this article:
Vasylkovska, K., Kirchuk, R., Ferents, R., & Vasylkovsky, M. (2026). Synergy in improving the single-seed flow in a pneumatic-mechanical seeder. *Agricultural Machines*, *52*, 9-17. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2322

e-ISSN 2708-9754; ISSN 2307-1699
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ, 2026, Вип. 52
AGRICULTURAL MACHINES, 2026, Vol. 52

УДК 631.331

СИНЕРГІЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОДНОНАСІННЄВОГО ПОТОКУ У ПНЕВМОМЕХАНІЧНОМУ ВИСІВНОМУ АПАРАТІ

К.В. Васильковська[1*], Р.В. Ференц[2], М.О. Васильковський[1]

[1]Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
[2]Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

AGRICULTURAL MACHINES
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ

Ключові слова:
сівалки точного висіву,
висівний апарат,
висівний диск,
насінина,
скидач зайвого насіння

Історія публікації:
Отримано 12.04.2026
Прорецензовано 28.09.2026
Затверджено до друку 30.10.2026

*[*]**Автор для листування:***
vasilkovskakv@ukr.net

АНОТАЦІЯ

У статті розглянуто питання підвищення ефективності та якості формування однонасіннєвого потоку насіння в пневмомеханічних висівних апаратах сівалок точного висіву. Встановлено, що якість виконання технологічного процесу сівби безпосередньо впливає на рівномірність розміщення насіння у борозні, що визначає дружність сходів і рівень врожайності сільськогосподарських культур. Проведено аналіз сучасних конструкцій висівних апаратів, визначено, що найбільш поширеними є дискові пневмомеханічні висівні апарати вакуумного типу та надлишкового тиску. Також проведено аналіз їх основних елементів дискових пневмомеханічних апаратів – висівних дисків та скидачів зайвого насіння.

Розглянуто класифікацію висівних дисків за призначенням, формою отворів та типом повітряного потоку. Визначено, що геометрія отворів диска суттєво впливає на процес захоплення, утримання та транспортування насіння. Зроблено аналіз конструкцій скидачів зайвого насіння, які забезпечують формування однонасіннєвого потоку шляхом видалення зайвих насінин. Досліджено механічні, пневматичні, комбіновані та активні скидачі, встановлено їх функціональні можливості та обмеження.

Обґрунтовано доцільність інтеграції переваг різних конструктивних рішень для підвищення точності висіву. Запропоновано конструкцію пневмомеханічного висівного апарата вакуумної дії із використанням висівного диска з отворами видовженої форми та скидача зайвого насіння із криволінійною робочою поверхнею. Така конструкція забезпечить покращення формування однонасіннєвого потоку, зменшить травмування насіння та підвищить рівномірність його розміщення у рядку.

DOI: 10.36910/acm.vi52.2322

Цитувати цю статтю:
Васильковська, К. В., Кірчук, Р. В., Ференц, Р. В., & Васильковський, М. О. (2026). Синергія вдосконалення однонасіннєвого потоку у пневмомеханічному висівному апараті. *Сільськогосподарські машини*, *52*, 9-17. https://doi.org/10.36910/acm.vi52.2322

СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Висів є одним із найвідповідальніших технологічних процесів в рослинництві, так як саме від його якісного виконання залежить точність розміщення насіння в борозні, що впливає на рівномірність сходів та, як наслідок, на врожайність культури. Для забезпечення рівномірного розміщення насіння в рядку сучасні сівалки оснащуються апаратами точного висіву (*Васильковська та ін., 2018; Ференц та ін., 2024).*

Серед різних типів дозуючих систем найбільшого поширення отримали пневмомеханічні висівні апарати, які поєднують механічні елементи дозування із використанням повітряного потоку. Вони забезпечують сталий відбір окремих насінин та транспортування їх до борозни (*Васильковська та ін., 2018)*.

Такі пневмомеханічні висівні апарати для точного висіву застосовуються переважно для просапних культур, а саме: кукурудзи, соняшнику, сої, цукрових буряків та сорго (*Васильковська, 2018)*.

За конструктивними та технологічними ознаками висівні апарати поділяють на кілька основних груп. Так, за конструкцією робочого органу, висівні апарати можуть бути дисковими або барабанними (*Адамчук та ін., 2004*).

За способом створення повітряного потоку висівні апарати бувають вакуумними (створення розрідження) або із надлишковим тиском (*Бойко та ін., 2003; Сисолін та ін., 2001*).

У сучасних сівалок найбільш поширеними є дискові пневмомеханічні висівні апарати вакуумної дії, що пояснюється їх компактністю та простотою розміщення безпосередньо над сошником (*Vasylkovska & Vasylkovskyi, 2014*).

Так, сучасний типовий пневмомеханічний висівний апарат вакуумної дії складається із корпусу, висівного диска із отворами, вакуумної камери, насіннєвого бункера, скидача зайвого насіння та системи подачі повітря (вентилятора) (**рис. 1**).

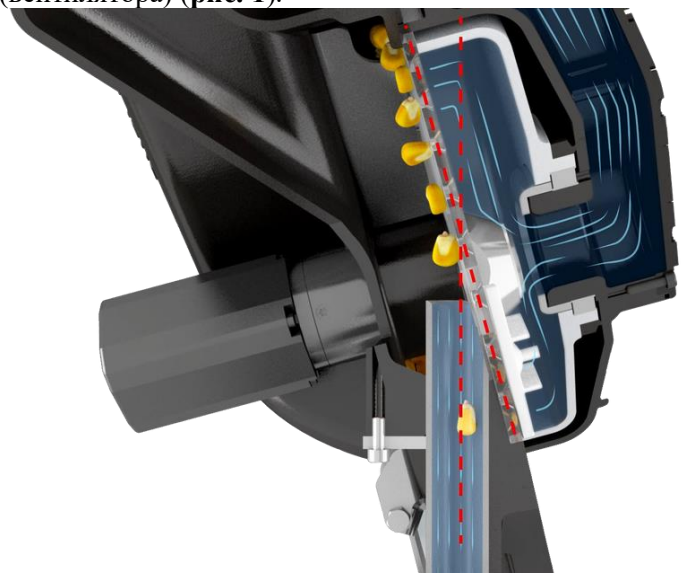


Рис. 1. – Загальний вигляд посівної секції сівалки CHRONO 300 від компанії MASCHIO GASPARDO (*MASCHIO GASPARDO; Васильковська, 2018*)

Принцип роботи даного висівного апарату полягає у створенні розрідження за диском, яке притягує насіння до отворів диска під час його обертання.

Апарат даного типу працює наступним чином. Насіння надходить із бункера в зону захоплення, що знаходить в корпусі висівного апарата. Під дією вакууму насіння притискається до отворів диска. Обертаючись, диск захоплює насінини та починає переміщувати їх до зони скидання. В верхній зоні корпусу висівного апарата, зазвичай, знаходить скидач зайвого насіння, що допомагає формувати однонасіннєвий потік насіння, скидати зайві насінини. В нижній частині диска вакуум припиняється, і насіння надходить до борозни.

До переваг такої конструкції висівних апаратів слід віднести достатньо високу точність дозування, універсальність, відсутність травмування насіння та компактні розміри.

До недоліків – обмежена швидкість обертання висівного диска, залежність точності висіву від стабільності вакууму в системі, можливість появи двійників або пропусків (*Сисолін & Свірень, 2004; Васильковська & Васильковський, 2014*,).

Пневмомеханічні висівні апарати із надлишковим тиском також є достатньо поширеними (**рис. 2**).



Рис. 2. – Загальний вигляд висівного апарату сівалки Tempo T компанії Väderstad (*VÄDERSTAD; Васильковська, 2018*)

Конструкції обох висівних апаратів дуже сході, тому до складу таких апаратів також входить висівний диск (або барабан), камера подачі повітря із канали подачі повітря, система подачі насіння.

Під час роботи повітряний потік виштовхує насіння в комірки диска або барабана, де воно утримується до моменту висіву.

Перевагами таких висівних апаратів є додаткове очищення комірок повітряним потоком, покращена доставка насіння до борозни, стабільніше формування однонасіннєвого потоку насіння.

Недоліками таких апаратів слід відмітити необхідність герметизації насіннєвого бункера та складнішу конструкція системи повітропостачання *(Васильковська, 2018; Сисолін & Свірень, 2004)*.

Слід зазначити, що сучасні дослідження із покращення конструкцій пневмомеханічних висівних апаратів спрямовані на вдосконалення їх конструкції за такими напрямами:

1. Оптимізація геометрії отворів диска, а саме використання конічних, овальних, профільованих отворів *(Singh та ін., 2005; Bustos-Gaytán та ін., 2025; Mahapatra та ін., 2024; Mahapatra та ін.., 2026; Huang & Thomson, 2011)*. Це покращує утримання насіння та зменшує кількість двійників на висівному диску.

2. Підвищення швидкості роботи посівної системи. Одним із обмежуючих факторів є колова швидкість висівного диска, яка у традиційних конструкціях не перевищує приблизно 0,5 м/с, що впливає на точність розміщення насіння *(Сисолін & Свірень, 2004; Vasylkovska & Vasylkovskyi, 2014)*.

3. Узгодження швидкостей висівного диска та посівного агрегату *(Vasylkovska та ін., 2019; Сало та ін., 2022)*. Для покращення рівномірності висіву пропонується узгоджувати колову швидкість комірок висівного диска із поступальною швидкістю агрегату, що дозволяє стабілізувати траєкторію падіння насіння.

4. Використання електроприводів для кращого дозування, які автоматично регулюють норму висіву та контролюють його. Це дозволяє підвищити точність і продуктивність висіву *(Легкодух та ін., 2019; Яропуд та ін., 2023)*.

Таким чином, можна виділити основні напрями вдосконалення пневмомеханічних висівних апаратів:, а саме: підвищення стабільності захоплення однієї насінини, оптимізація конструкції висівного диска із розробкою присмоктувальних отворів незвичної форми, зменшення енергоспоживання вакуумної системи, збільшення робочих швидкостей висіву та використання електронних систем контролю висіву.

Мета дослідження: провести аналіз існуючих конструкцій висівних пневмомеханічних висівних апаратів, пошук шляхів усунення їх недоліків та покращення переваг, аналіз створення однонасіннєвого потоку насіння, аналіз комбінацій елементів конструкцій для точного розміщення

насіння на висіваючому диску та обґрунтування концепції у створенні нового пневмомеханічного висівного апарату.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

В процесі проведення дослідження виконано огляд літературних джерел. На основі аналізу досліджень було встановлено основних функціональних особливостей сошників із різними кутами входження в ґрунт, виявлено переваги та недоліки кожного виду їх конструкцій та запропоновано напрямки їх вдосконалення.

Під час проведення досліджень використано методи аналізу, синтезу, наукової абстракції та комплексного підходу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Продуктивність сільськогосподарського виробництва є похідною від якісного виконання технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур, що є неможливим без сталого та надійного виконання процесу посіву.

Як відомо, технологічна операція посіву поділяється на дві складові: рівномірна подача насіння висівним елементом від бункера з насінням до сошників та підготовка борозни, укладання насіння в неї і загортання (*Васильковська, 2025*). Роздивимось технологічний процес операції висіву, яку виконує висівний апарат.

Технологічний процес висіву пневмомеханічним висівним повинен забезпечити рівномірне розміщення насіння в рядку за рахунок формування рівномірного потоку насіння у висівному апараті.

Так, процес формування рівномірному потоку насіння складається із чотирьох етапів:

1. Подача насіння. Насіння із бункера самопливом надходить до забірної камери висівного апарату.

2. Захоплення насіння повітряним потоком. Для цього використовується повітряний потік, який створюється вентилятором (вакуум або надлишковий тиск). Залежно від типу повітряного потоку, насіння або притягується до отворів висівного диска або видувається в комірки, формуючи рівномірне розміщення насіння на висівному елементі.

3. Відбір насінини. Під час обертання висівного елемента зайві насінини відсіюються спеціальними елементами конструкції висівного апарата, формуючи при цьому однонасіннєве розміщення насіння.

4. Скидання насіння. В зоні скидання насіння виходить за межі вакуумної камери (за умови дії вакууму) та потрапляє в сформовану сошником борозну. При дії надлишковому тиску, відповідно, насінина видувається до борозни.

Роздивимось якими бувають диски пневмомеханічних висівних апаратів (**рис. 1**).

Висівні диски – основний елемент пневмомеханічного висівного апарата, адже саме вони визначають точність, норму та рівномірність висіву. Вони класифікуються за призначенням (типом культури), кількістю та формою отворів, типом повітряного потоку.

Відповідно до призначення висівні диски, зазвичай, відбираються під відповідну культуру (кукурудза, соняшник, цукрові буряки, соя та інші культури). Висівні диски мають різний розмір, форму та кількість отворів, щоб отримати до доставити до зони скидання одну насінину відповідної культури.

Відповідно до цього, отвори можуть бути різних діаметрів та різної кількості. Для великих насінин, таких як кукурудза або соняшник кількість отворі складає від 10 до 20 шт. Для менших насінини, кількість отворів збільшується. Універсальний варіант – від 20 до 40 отворів. Як відомо, кількість отворів на висівному диску впливає на норму висіву насіння та інтервал між насінинами в рядку (*Vasylkovska & Vasylkovskyi, 2014; Войтюк ті ін., 2015*).

За призначенням	За формою отворів	За типом повітряного потоку
кукурудзяні	круглі	вакуумної дії
бурякові	овальні	надлишкового тиску
дрібнонасіннєві	спеціальні	

Рис. 1. – Поділ висівних дисків пневмомеханічних висівних апаратів

За формою, отвори можуть бути круглими, овальними (еліптичними) та спеціальними (*Свірень, 2012*). Круглі отвори є найбільш поширеними та універсальними. Овальні застосовуються для кращого захоплення витягнутого насіння (соняшник). А спеціальна форма притаманна для новітніх висівних апаратів для точного висіву каліброваного насіння.

За типом повітряного потоку висівні диски бувають вакуумні та надлишкового тиску. Відповідно, до першого типу насіння присмоктується, а у другому випадку – виштовхується повітрям.

Роздивимось скидачі зайвого насіння, як елемент який допомагає формувати однонасіннєвий потік у висівному апараті (**рис. 2**).

До основних типів слід віднести механічні скидачі, відсікачі, пневмомеханічні відсікачі, комбіновані та активні скидачі.

Механічні скидачі	**Регульовані відсікачі**	**Пневматичні скидачі**	**Комбіновані скидачі**	**Активні скидачі**
щіткові	пластина	вакуумної дії	щітка + повітря	обертові ролики
пальчикові	ніж	надлишкового тиску	відсікач + повітря	вібраціні системи

Рис. 2. – Поділ скидачів зайвого насіння пневмомеханічних висівних апаратів

Так, механічні скидачі (щіткові або пальчикові) виготовляються у вигляді щіток, гумових або пластикових пальців. Скидачі зайвого насіння контактують із насінням на диску і фізично знімають зайві насінини. Така конструкція скидача є достатньо простою не дорогою. Недоліком даної конструкції є можливість пошкодження насіння під час роботи.

Регульовані механічні відсікачі зайвого насіння виготовлені із металевих або пластикових пластин (ножів) із можливістю налаштування. За рахунок цього можна змінювати відстань до диска залежно від обраної культури. Така конструкція скидача зайвого насіння покращує формування однонасіннєвого потоку насіння, однак потребує точного налаштування під певну або тип насіння (*Черновол ті ін., 2021; Ференц та ін., 2024*).

Пневматичні (повітряні) скидачі зайвого насіння працюють за рахунок вакууму або надлишкового тиску. Повітряний потік прибирає зайві насінини із отворів диска, менше пошкоджуючи насіння елементами конструкції (*Войтюк ті ін., 2015; Vasylkovska та ін., 2020*). Дана конструкція скидача використовується в сучасних сівалках точного висіву.

Комбіновані (пневмомеханічні) скидачі зайвого насіння поєднують в собі механічні елементи (щітка або відсікач) та повітря. Таке поєднання забезпечує найкраще однонасіннєви заповнення отворів. (сингуляцією), що дає змогу використовувати таку конструкції скидача на високих швидкостях роботи посівного агрегату або для насіння складної форми (*Амосов ті ін., 2012; Войтюк ті ін., 2015*).

Конструкція активних (динамічних) скидачів зайвого насіння має в собі рухомі елементи (обертові ролики, вібраційні системи). Така конструкція певним чином підлаштовується під швидкість та умови роботи посівного агрегату і використовується в інноваційних сівалках (*Maharjan та ін., 2022*).

Таким чином, синергія найкращих конструктивних особливостей дисків пневмомеханічних висівних апаратів та скидачів зайвого насіння дасть можливість отримати висівний апарат, який формує якісний однонасіннєвий поток насіння до борозни. Нами запропонована конструкція висівного апарату вакуумної дії (рис. 3).

Пневмомеханічний висівний апарат складається із бункера, корпусу із насіннєвою камерою, приводного вала, висівного диска із отворами продовгуватої форми, скидача зайвого насіння та вакуумної камери.

Особливістю конструкції пневмомеханічного висівного апарату є використання висівного диску із висівними отворами продовгуватої форми видовжених у радіальному напрямку та скидача зайвого насіння, що має гладку робочу поверхню криволінійної форми (*Васильковська та ін., 2025*)

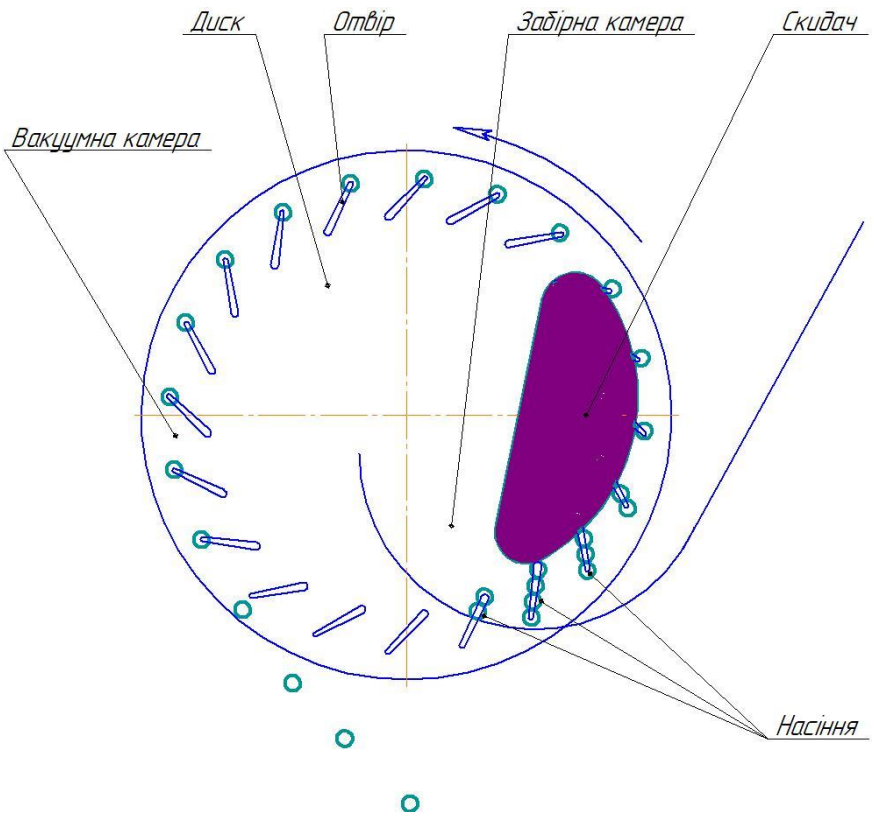


Рис. 3. – Схема роботи пневмомеханічного висівного диску із скидачем зайвого насіння

Насіння самопливом подається із бункера до насіннєвої камери. При обертанні висівного диска відбувається присмоктування кількох насінин вздовж отворів продовгуватої форми, в яких утримується за рахунок тиску, що створюється у вакуумній камері. Скидач зайвого насіння, виготовлений у вигляді пластини з гладкою робочою поверхнею криволінійної форми, поступово виштовхує зайве насіння з отворів назовні, повертаючи їх до насіннєвої камери.

Таким чином, відбувається формування однонасіннєвого потоку насіння і покращується рівномірність висіву.

ВИСНОВКИ

Ефективність і якість процесу точного висіву значною мірою залежить від стабільності формування однонасіннєвого потоку у пневмомеханічному висівному апараті. Проаналізовано конструктивні особливості існуючих висівних дисків і скидачів зайвого насіння та визначено їх переваги і недоліки. Обґрунтовано доцільність поєднання раціональні форми отворів висівного диска із вдосконаленими конструкціями скидачів для забезпечення якісної сингуляції формування однонасіннєвого потоку насіння. Запропонована конструкція пневмомеханічного висівного апарата вакуумної дії сприятиме підвищенню рівномірності розміщення насіння в рядку та зменшенню кількості двійників і пропусків. Доведено, що комплексний підхід до вибору конструктивних параметрів висівного апарата з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов дозволить підвищити продуктивність висіву та створити передумови для отримання високого врожаю.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

Bustos-Gaytán, A., Saldaña-Robles, N., Joya-Cárdenas, D. R., Gutiérrez-Vaca, C., Alfaro-Ayala, J. A., Barco-Burgos, J., & Saldaña-Robles, A. (2025). Advancements in pneumatic seed-metering devices: A review of numerical and experimental approaches. *Results in Engineering.* 105626. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105626

Huang, Y., Thomson, S. J. (2011). Characterization of In-Swath Spray Deposition for CP-11TT Flat-Fan Nozzles Used in Low-Volume Aerial Application of Crop Production and Protection Materials *Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers), 54(6).* 1973-1979. DOI: https://doi.org/10.13031/2013.40645

Mahapatra, J., Sahni, R. K., Pagare, V., Singh, J., Tiwari, P. S., Singh, K. P., & Nandede, B. M. (2026). An analytical procedure in pneumatic seed meter design for enhanced performance validated through development and evaluation. *Ain Shams Engineering Journal, 17(2).* 104001. DOI: https://doi.org/10.1016/j.asej.2026.104001

Mahapatra, J., Tiwari, P.S., Singh, K.P., Nandede, B.M., Sahni, R.K., Pagare, V., Singh, J., Shrinivasa, D.J., Mandal, S. (2024). An Adjustable Pneumatic Planter with Reduced Source Vibration for Better Precision in Field Seeding. *Sensors, 24.* 3399. DOI: https://doi.org/10.3390/s24113399

Maharjan, S.K., Bhattarai, D.R., Bhandari G.R. (2022). A Textbook of Farm Machinery and Seed Technology Grade-XI. Heritage Publishers & Distributors Pvt. Ltd.

Singh, R.C., Singh, G., & Saraswat, D.C. (2005). Optimisation of Design and Operational Parameters of a Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds. *Biosystems Engineering, 92(4)*. 429–438. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.07.002

Vasylkovska, K., & Vasylkovskyy, O. (2014). The influence of shape and type of sowing disc cells on the seed dosage quality. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(7).* 33-36. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.29272

Vasylkovska, K., Vasylkovskyi, O., Leshchenko, S., Sviren, M., Moroz, M. (2020). Identification of parameters of pneumatic and mechanical seeding device under the influence of vacuum. *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 25(5).* 1091-1094. URL: https://www.agrojournal.org/26/05-25.pdf

Vasylkovska, K.V., Vasylkovskyi, O.M., Sviren, M.O., Petrenko, D.I., Moroz, M.M. (2019) Determining the parameters of the device for inertial removalof excess seed. *INMATEH - Agricultural Engineering, 57(1)*. 135-140.

Адамчук, В.В. (Ред.). (2004). Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки (*Modern trends in the development of constructions of agricultural machinery).* Київ: Аграрна наука.

Амосов, В.В., Косінов, М.М., Осипов, І.М., Пашинський, В.А. (2012). Вплив кута нахилу поверхні відбивача зайвого насіння на точність сівби (*The effect of the angle of the excess seed reflector surface on seeding accuracy*). *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*, *42(1).* 28-33.

Васильковська, К.В. (2018). Системний аналіз конструкцій пневмомеханічних висівних апаратів для точного висіву насіння просапних культур (*System analysis of pneumomechanical sowing machines for precision sowing of row crop seeds*). *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник, 48,* 22-35. DOI: https://doi.org/10.32515/2414-3820.2018.48.22-35

Васильковська, К.В. (2025). Аналіз створення рівномірного потоку насіння до борозни (*Analysis of creating a uniform seed flow to the furrow*). *Сільськогосподарські машини, 51.* 24-33. https://doi.org/acm.vi51.1890

Васильковська, К.В., Васильковський, О.М., Кірчук, Р.В., Ференц, Р.В. (2025). Пневмомеханічний висівний апарат (Патент України № 160477). Центральноукраїнський національний технічний університет.

Войтюк, Д.Г. (Ред.) (2015). Сільськогосподарські машини: підручник (Agricultural Machinery: The Textbook). Київ: Агроосвіта.

Каталог продукції компанії GASPARDO (Італія). https://www.maschiogaspardo.com/uk_uk/chrono-300.html / (24.04.2026)

Каталог продукції компанії VÄDERSTAD (Швеція). https://www.vaderstad.com/ua/sivalky-tochnogo-vusivu/sivalky-tempo/tempo-v (24.04.2026)

Легкодух, І. Демидов, С., Стародубцева, М. (2019). Дослідження ефективності застосування електропривода висівних апаратів під час роботи сівалки універсальної пневматичної «Vega-8» (результати випробувань) (*Research of the efficiency of the application of the electric drive of seeding devices on the work of the universal pneumatic drill "Vega-8" (test results)*). *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України, 24(38).* 113-123.

Сало В., Лещенко С., Лузан П., Сало Л. (2022). *Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: Навчальний посібник* (*Machines for sowing, planting, and tending crops: Study guide*). – Кропивницький: Лисенко В.Ф.

Свірень, М.О. (2012). Науково-технологічні основи підвищення ефективності роботи висівних апаратів посівних машин (*Scientific and Technological Foundations for Improving the Efficiency of Seeding Units on Seeders*). автореферат... д-р техн. наук, спец. 05.05.11.

Сисолін, П.В., Сало, В.М., Кропівний, В.М. (2001). Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1: Машини для рільництва (*Agricultural Machinery: Theoretical Foundations, Construction, and Design. B. 1: Machinery for Arable Farming*). Київ: Урожай.

Сисолін, П.В., Свірень, М.О. (2004). Висівні апарати сівалок (еволюція, конструкцій, розрахунки параметрів): навчальний посібник (*Seed Meters in Seeders (Evolution, Designs, Parameter Calculations): The Textbook)*. Кіровоград : ТОВ Центрально-Українське видавництво.

Ференц, Р.В., Васильковська, К.В., Кірчук, Р.В. (2024). Огляд конструкцій пневматичних висівних апаратів сівалок (*Overview of designs of pneumatic seeding devices of seeders*) *Сільськогосподарські машини, 50.* 104-112. DOI: https://doi.org/10.36910/acm.vi50.1387

Черновол, М.І., Свірень, М.О., Амосов, В.В. (2021). Моделювання процесу однозернового дозування вакуумним пневмомеханічним висівним апаратом (*Modeling of the single-grain metering process using a vacuum pneumatic-mechanical seeder*). *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*, *51*. 117-125. https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.117-125

Яропуд, В., Говоруха, В., & Дацюк, Д. (2023). Експериментальні дослідження дозатора висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасіннєвих культур (*Experimental studies of the dispenser of the seeding apparatus of the selection seeder of small seed cultures*). *Engineering, Energy, Transport AIC, (3(122)).* 43–52. https://doi.org/10.37128/2520-6168-2023-3-5