

УДК 631.362

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.287-297>

Є.М. Кобан, аспірант, О.М. Васильковський, проф., канд. техн. наук, О.В. Нестеренко, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: olexa74@ukr.net

Обґрунтування конструкторської схеми пневматичного зернового сепаратора

У статті викладено результати проведеного аналізу сучасних конструкцій повітряних систем зерноочисних машин та узагальнено результати експериментальних досліджень їх ефективності. Розглянуто принципи роботи пневмосепараційних каналів, а також вплив їх конструкторських параметрів на якість очищення зернового матеріалу. Виявлено енергоефективність основних типів аспірацій. Сформульовано перспективні напрямки вдосконалення повітряних систем для підвищення продуктивності та енергоефективності зерноочисних машин. Запропоновано концепцію технічного рішення та наведено схему робочого органу пневмосепаратора, який дозволяє мінімізувати енергетичні витрати на здійснення очищення зерна. Сформульовано мету і задачі для проведення досліджень запропонованої конструкції.

зерно, повітряне очищення, аспірація, сепаратор, ефективність сепарації, енергоефективність

Постановка проблеми. Забезпечення продовольчої безпеки України та підвищення конкурентоспроможності вітчизняної зернової продукції на світових ринках безпосередньо залежить від якості первинної обробки зерна, ключовою ланкою якої є процес повітряної сепарації. Повітряні системи зерноочисних машин здійснюють відокремлення легких домішок, пилу та інших небажаних включень, які відрізняються від зерна основної культури своїми аеродинамічними властивостями. Ефективність роботи зерноочисних машин значною мірою залежить від конструкції та параметрів повітряних систем, які забезпечують створення повітряних потоків для відокремлення часток, що мають відмінності у аеродинамічних характеристиках [1–3].

Проте аналіз сучасного стану галузі свідчить про наявність комплексу невирішених питань, що стримують підвищення ефективності повітряної сепарації. Наведемо основні з виявлених нами:

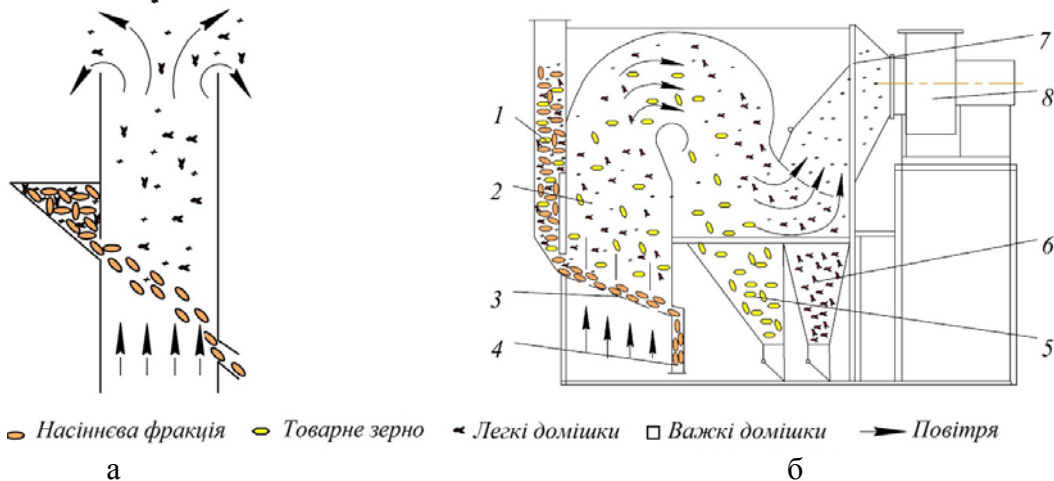
- існуючі конструкції аспіраційних систем характеризуються високою енергоємністю процесу, яка досягає 40–50% від загальних енерговитрат зерноочисних машин, що в умовах зростання цін на енергоносії критично впливає на собівартість обробки зерна [4–6];

- значна нерівномірність розподілу швидкості повітряного потоку по перерізу аспіраційних каналів – коефіцієнт нерівномірності інколи досягає 25–35%, призводить до втрат повноцінного зерна у відходи, які в окремих випадках сягають 3–5% від маси обробленого матеріалу [7–11];

- недостатня адаптивність існуючих повітряних систем до змінних характеристик зернового матеріалу (вологості, засміченості, аеродинамічних властивостей різних культур) обмежує технологічні можливості обладнання та знижує ефективність очищення при відхиленні параметрів сировини від оптимальних значень. Зокрема, підвищення вологості зерна з 14% до 18% може призводити до зниження ефективності аспіраційного очищення на 15–25%, що є неприйнятним у реальних виробничих умовах [2, 5, 8, 9, 12–15];

За напрямком руху повітряного потоку відносно зернового матеріалу системи поділяються на:

- системи з висхідним повітряним потоком (рис. 2, а);
- системи з горизонтальним (похилим) потоком (рис. 1, б);
- системи зі змінним напрямком потоку (рис. 2, б).



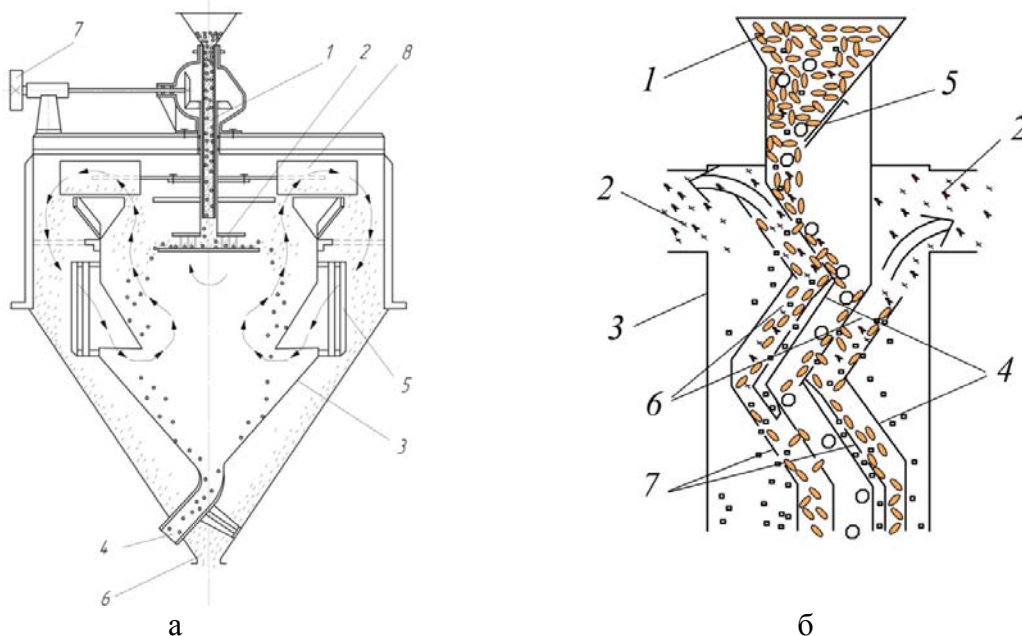
а– системи з висхідним повітряним потоком; б– системи зі змінним повітряним потоком

Рисунок 2 – Напрями дії повітряного потоку у зерноочисних машинах

Джерело: на підставі [9]

За конструктивними особливості аспіраційних каналів розрізняють:

- канали з рівномірним перерізом (прямокутні) (рис. 2, а);
- канали зі звуженням догори (конфузорні) (рис. 1, а);
- канали з розширенням догори (дифузорні) (рис. 3, а);
- канали змінного перерізу з профільованими стінками (рис. 3, б).



а – дифузорні канали; б – канали змінного перерізу з профільованими стінками

Рисунок 3 – Напрями дії повітряного потоку у зерноочисних машинах

Джерела: на підставі [19, 9]

Дослідження показують, що застосування каналів зі змінним перерізом дозволяє покращити умови сепарації за рахунок створення зон з різною швидкістю повітряного потоку [9].

Тож, пошук раціональних конструкцій повітряних каналів і створення відповідних умов для підвищення ефективності аспірації є однією з найбільш пріоритетних задач сучасної науки і техніки в галузі аграрного виробництва і переробки сільськогосподарської продукції.

Швидкість повітряного потоку є важливим параметром, що визначає ефективність виділення домішок. Дослідження показують, що оптимальна швидкість залежить від культури та вологості [1, 2, 8, 19] і становить приблизно 80% від швидкості витання повноцінного зерна основної культури, причому відхилення швидкості повітряного потоку від оптимального значення на 15% призводить до зниження ефективності очищення на 8–12%.

Питомі енерговитрати на повітряну сепарацію є важливим показником ефективності машини. Вони в першу чергу залежать від продуктивності повітряної системи (подачі повітря) та втрат тиску у аспірації, причому перша складова суттєво залежить від швидкості повітря, яку необхідно забезпечити для ефективного розділення компонентів.

Найбільш енергоємними є класичні вертикальні системи з висхідним потоком повітря, у яких використовується принцип «прямого» відокремлення легких часток, що супроводжується високими значеннями швидкості повітря, близькими до швидкості витання насіння основної культури (табл. 1).

Таблиця 1 – Аеродинамічні характеристики насіння основних зернових культур у класичних системах вертикальної аспірації при висхідному потоці повітря

Культура	Вологість, %	Оптимальна швидкість повітряного потоку, м/с	Досяжна ефективність очищення, %
Кукурудза	14–16	9,0–11,0	90–94
Овес		6,5–7,5	84–88
Пшениця		8,5–10,0	89–93
Ячмінь		7,0–8,5	86–91

Джерело: розроблено авторами

У літературі викладені досліджені і вивчені напрями зниження енергоємності повітряної сепарації зерна [4, 7, 9]. Серед зазначених напрямів виділяють наступні:

- забезпечення рециркуляції повітря шляхом використання замкнених систем аспірації, коли на вхід до вентилятора заходить повітря з суттєвою початковою швидкістю;
- оптимізовані геометричні та аеродинамічні параметри системи;
- використання методу «непрямого» відокремлення легких часток (рис. 1, б) у горизонтальних каналах, коли потік повітря лише відхиляє траєкторію руху легких часток відносно напрямку переміщення основного матеріалу (метод відхилення).

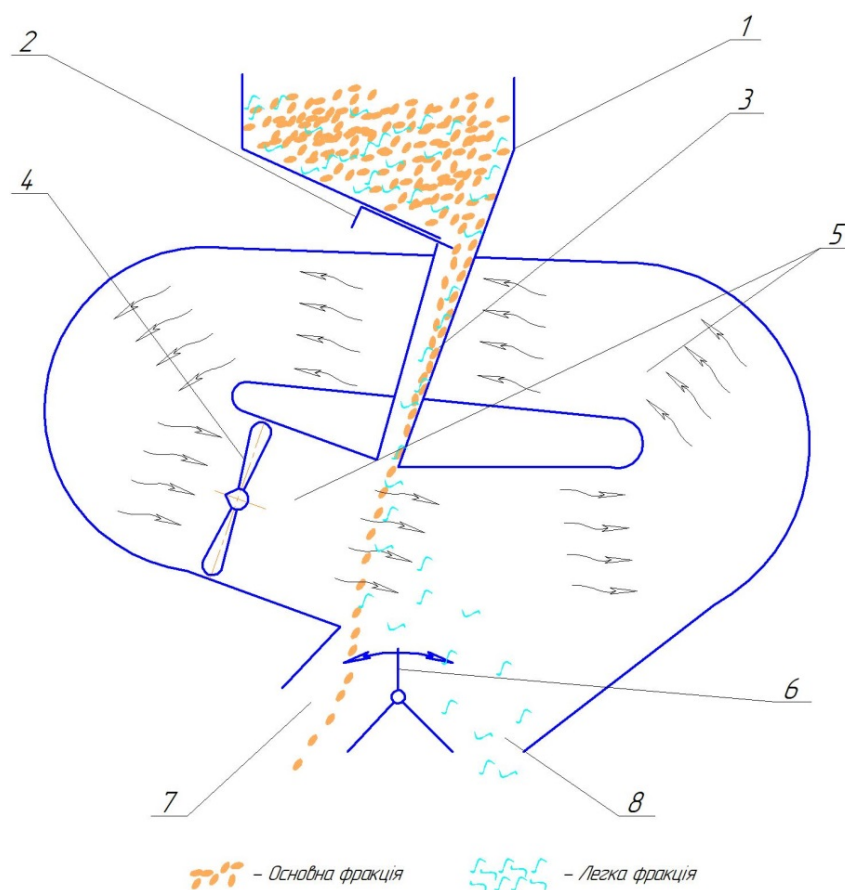
Аналіз названих способів зниження питомої енергоємності дозволяє відзначити, що найбільш перспективним шляхом отримання значного енергетичного ефекту є створення умов відхилення траєкторії руху легких часток у поєднанні з забезпеченням рециркуляції повітря і оптимізації геометричних параметрів системи. Тобто

застосування усіх названих способів зниження енергетики видається конструктивно можливим, оскільки названі елементи не суперечать один одному.

Постановка завдання. Актуальною задачею наших досліджень є розробка принципової схеми повітряного сепаратора, яка б забезпечила суттєве зниження питомої енергоємності процесу і задовольняла вимогам конструкційної простоти та технологічності при забезпеченні задовільних показників технологічної ефективності попереднього очищення зернових матеріалів.

Виклад основного матеріалу. Основою концепції створення ефективного повітряного сепаратора з мінімальними енерговитратами є забезпечення вільного тонкошарового руху зернового матеріалу з прискоренням і дія на нього повітряного потоку для відхилення траєкторії руху легких парусних домішок. Якість відокремлення компонентів зернового вороху регулюється заслінкою. Мінімізація енерговитрат і запиленості навколишнього середовища забезпечується створенням рециркуляції – замикання повітряного потоку всередині машини.

Конструкційну схему запропонованого пневматичного сепаратора наведено на рис. 4.



1– бункер, 2– дозатор, 3– розгінний лоток, 4– вентилятор, 5– замкнений повітряний канал, 6– заслінка-подільник фракцій, 7– приймальник основної фракції, 8– приймальник легкої фракції

Рисунок 4 – Конструкційна схема оригінального повітряного сепаратора зерна

Джерело: розроблено авторами

Технологічний процес роботи запропонованого сепаратора наступний.

При вмиканні вентилятора повітря починає циркулювати у системі аспірації. Зернова маса після витікання з бункера переміщується донизу з прискоренням,

«розтягуючись» до товщини «в один шар», яка забезпечує максимально швидку зміну траєкторії легких парусних часток при мінімальній швидкості повітряного потоку. Заслінка відсікає основну і легку фракції, після чого вони виводяться з машини.

Основним шляхом зниження енергетики оригінального пневмосепаратора є забезпечення умови суттєвого зниження втрат повного тиску і продуктивності вентилятора.

Зниження продуктивності вентилятора забезпечується зниженням швидкості повітряного потоку, оскільки в машині використовується метод відхилення траєкторії руху домішок.

Суттєве зниження втрат повного тиску досягається шляхом зменшення опору в аспірації за рахунок створення умов обробки зернового вороху, що рухається шаром «у одне зерно». При цьому повітряний потік спрямовується не у зустрічному (протитечівому) напрямку, а як мінімум – у поперечному. Крім того, рециркуляція повітря в системі позбавляє необхідності використання очисників-пиловідокремлювачів, які збільшують опір.

Одними з найбільш важливих параметрів запропонованого пневмосепаратора, що забезпечує умову створення «однозернового» потоку оброблюваного матеріалу в зоні сепарації є довжина і кут нахилу розгінного лотка 3 (рис. 4). Саме завдяки обґрунтуванню найбільш раціональних параметрів лотка, матеріал можна розігнати до швидкості, яка забезпечить «розтягування» шару до бажаної товщини.

Проведемо попередню оцінку умов забезпечення «одношарового» руху зернового матеріалу при вході в зону взаємодії з повітряним потоком (рис. 5).

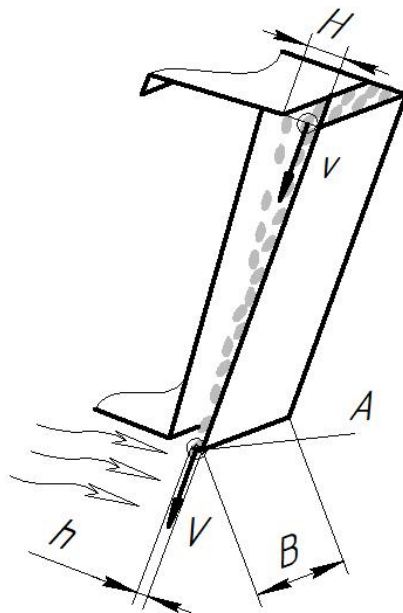


Рисунок 5 – Оцінка умов забезпечення «одношарового» руху зернового матеріалу при вході в зону взаємодії з повітряним потоком

Джерело: розроблено авторами

Продуктивність сепаратора (кг/с) при проходженні зернової маси через дозатор

$$Q = B \cdot H \cdot v \cdot \gamma, \quad (1)$$

де B – ширина розгінного лотка, м;

H – зазор між дозатором і розгінним лотком (початкова товщина шару), м;

v – початкова швидкість витікання зерна з бункера, м/с;

γ – об'ємна маса зернового вороху, кг/м³.

Аналогічна продуктивність буде забезпечуватись і при вході в зону взаємодії з повітряним потоком (точка А), однак буде забезпечуватися дещо іншими параметрами системи

$$Q = B \cdot h \cdot V \cdot \gamma, \quad (2)$$

де h – бажана кінцева товщина шару при вході до повітряного каналу (в нашому випадку – «в один шар»), м;

V – швидкість, яку набуває зерновий матеріал при сході з розгінного лотка, м/с;

Прирівнявши продуктивності і скоротивши, отримаємо взаємозалежності вхідних і вихідних параметрів

$$H \cdot v = h \cdot V, \quad (3)$$

звідки бажана швидкість сходження зернового матеріалу з розгінного лотка становитиме

$$V = \frac{H \cdot v}{h}$$

Якщо задатися відомими орієнтовними середніми значеннями параметрів ($v \approx 0,3$ м/с, $h \approx 0,0025$ м), отримаємо залежність, наведену на рис. 6.

З урахуванням, що питома продуктивність одиниці ширини повітряного каналу

$$q_b = \frac{Q}{B}$$

отримаємо її орієнтовне теоретичне значення, якого можна досягти.

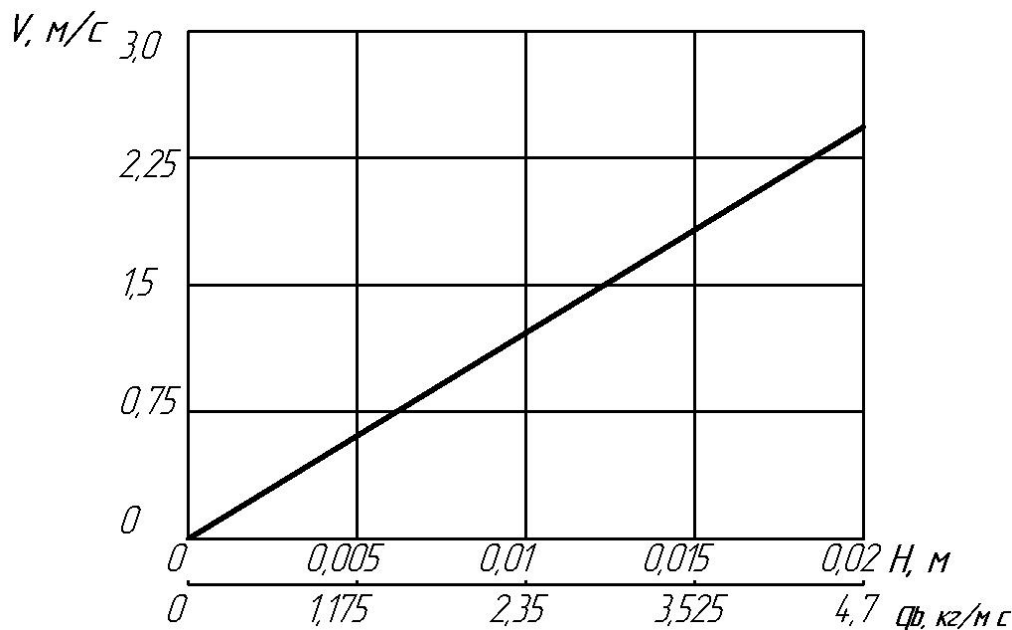


Рисунок 6 – Залежність швидкості зернового матеріалу товщиною «в одне зерно» від початкової товщини шару та питомої продуктивності.

Джерело: розроблено авторами.

Аналіз отриманої залежності дозволяє зазначити наступне:

- зменшення товщини шару зернової маси до необхідної – «в одне зерно» можна досягти завдяки збільшенню швидкості її переміщення;
- забезпечення швидкості руху матеріалу близько 2 м/с дозволяє створити одношаровий зерновий потік, що відповідає питомій продуктивності 3,5 кг/м·с і є аналогічною до показників зерноочисних машин загального призначення.

Висновки. Провівши огляд конструкцій і способів повітряної сепарації зерна можна зробити наступні висновки:

- найбільш ефективним способом зниження питомих енерговитрат повітряного очищення зернових матеріалів є застосування методу відхилення легких домішок, який не передбачає створення значного повітряного потоку. При цьому використання замкненої аспірації з рециркулюючим повітряним потоком підвищує ефективність;
- зменшення товщини зернового потоку «в одне зерно» під час повітряного очищення дозволяє знизити опір і втрати тиску в аспірації, а також створити оптимальні умови для мінімізації енергетики на відхилення легкої фракції з основного потоку;
- забезпечення товщини шару зернової маси «в одне зерно» можна досягти завдяки збільшенню швидкості її переміщення;
- розгін зернового матеріалу до швидкості 2 м/с дозволяє створити одношаровий зерновий потік, що відповідає питомій продуктивності 3,5 кг/м·с і є аналогічною до показників зерноочисних машин загального призначення (ОВС-25 та її аналоги).

Список літератури

1. Котов Б. І., Степаненко С. П., Пастушенко М. Г. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб.* Кіровоград, 2003. Вип. 33. С.53–59.
2. Котов Б. І., Степаненко С. П. Основи теорії та технології повітряної сепарації зернових матеріалів: Монографія. Київ: ЦП Компринт, 2023. 427 с.
3. Adamchuk V., Bulgakov V., Ivanovs S., Holovach I., Ihnatiev Y. Theoretical study of pneumatic separation of grain mixtures in vortex flow. *Engineering for Rural Development*. 2021. Vol. 20. P. 657–664.
4. Васильковський О.М., Васильковська К.В. Економічні аспекти використання зерноочисних машин в Україні. *Механізація та електрифікація сільського господарства : Міжвідомчий тематичний науковий збірник*, 2010. Вип. 94. С. 220–224.
5. Бредихін В. В. Наукові основи процесів вібропневматичного розділення насінневих матеріалів за густиною насіння : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11. Кропивницький, 2024. 48 с.
6. Степаненко С. П. Підвищення ефективності вібропневматичних сепараторів зерна : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Глеваха, 2008. 21 с.
7. Васильковський, М. І., Гончарова, С. Я., Лещенко, С. М. Обґрунтування параметрів сепарації зерна в похилому повітряному потоці. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб.* 2007. Вип. 37. С. 132–137.
8. Нестеренко, О. В. Лещенко С. М., Петренко Д. І. Дослідження якісних показників пневмосепарації при багаторівневому введенні зерна. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст.* 2015. Вип. 32. С. 143–151.
9. Петренко Д.І. Обґрунтування параметрів відцентровопневматичного сепаратора зерна: дис. ... канд., техн. наук: 05.05.11. Кіровоград, 2011. 157 с.
10. Бакум М. В., Кречот М. М., Абдуев М. М. Результати досліджень впливу регульовальних параметрів на ефективність розділення насінневої суміші редиски пневматичним сепаратором з нахиленим каналом. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2016. 10 (2). С. 67–71.
11. Yaschuk, A., Kirchuk, R., Dudarev, I. Research of the process of aeration of a layer of bulk material. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2013. 40 (2). P. 73–78.

12. Nesterenko O. V., Leshchenko S. M., Vasytkovskiy O. M., Petrenko D. I. Analytical assessment of the pneumatic separation quality in the process of grain multilayer feeding. *INMATEH. Agricultural Engineering. Romania*. 2017. 53 (3). P. 65–70.
13. Мельник, В. А., Попадюк, І. С., Волик, Д. А., Степаненко, С. П. Дослідження розвитку технологій та технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2024. 24(1). С. 75–88.
14. Kharchenko S., Borshch Y., Kovalyshyn S., Piven M., Abduev M., Miernik A., Popardowski E., Kielbasa P. Modeling of Aerodynamic Separation of Preliminarily Stratified Grain Mixture in Vertical Pneumatic Separation Duct. *Applied Sciences*. 2021. Vol. 11(10). P. 4383.
15. Степаненко С. П. Вплив параметрів пасивних розпушувачів на ефективність вібропневматичної сепарації зерна. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. 2006. Вип.41. С. 153–160.
16. Васильковський М. І., Васильковський О. М., Лещенко С. М. Обґрунтування основних параметрів замкненої двохступеневої пневмосепаруючої системи ЗОМ. *Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка*. 2007. Вип. 59. С. 177–186.
17. Котов Б. І., Степаненко, С. П., Швидя, В. О. Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвідом. наук.-техн. зб.* 2016. Вип. 46. С. 154–159.
18. Котов Б. І., Спірін, А. В., Твердохліб, І. В., Степаненко, С. П., Швидя, В. О. До питання пневмогравітаційної сепарації зернових матеріалів. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. № 4. 2017. С. 51–55.
19. Швидя В. О. Підвищення ефективності пневмовідцентрового сепаратора та обґрунтування параметрів робочих органів: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Глеваха, 2012. 20 с.
20. Васильковський, О. М., Гончаров, В. В., Петренко, Д. І., Лещенко, С. М. (2010). Математична модель роботи відцентрово-пневматичного сепаратора зерна. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Вип. 10. С. 94–104.
21. Васильковський О.М. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів відцентрового решітного сепаратора зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 «Машини та засоби механізації сільськогосподарського виробництва». Кіровоград, 2001. 18 с.

References

1. Kotov, B. I., Stepanenko, S. P., & Pastushenko, M. H. (2003). Tendentsii rozvytku konstrukttsii mashyn ta obladnannia dlia ochyshchennia i sortuvannia zerno materialiv. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn: zahalnoderzh. mizhvidom. nauk.-tekhn. zb.*, 33, 53–59. [in Ukrainian].
2. Kotov, B. I., & Stepanenko, S. P. (2023). *Osnovy teorii ta tekhnolohii povitrianoi separatsii zernovykh materialiv*. Kyiv: TsP Kompyrnt [in Ukrainian].
3. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Ivanovs, S., Holovach, I., & Ihnatiev, Y. (2021). Theoretical study of pneumatic separation of grain mixtures in vortex flow. *Engineering for Rural Development*, 20, 657–664. [in English].
4. Vasytkovskiy, O.M., & Vasytkovska, K.V. (2010). Ekonomichni aspekty vykorystannia zernoochysnykh mashyn v Ukraini. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva : Mizhvidomchyi tematychnyi naukovyi zbirnyk*. Hlevakha: Natsionalnyi naukovyi tsentr «IMESH», 94, 220–224 [in Ukrainian].
5. Bredykhin, V. V. (2024). *Scientific foundations of the processes of vibropneumatic separation of seed materials by seed density*. Extended abstract of doctor's thesis. Kropyvnytskyi [in Ukrainian].
6. Stepanenko, S. P. (2008). *Increasing the efficiency of vibro-pneumatic grain separators*. Extended abstract of candidat'e thesis. Hlevakha [in Ukrainian].
7. Vasytkovskiy, M. I., Honcharova, S. Ya., & Leshchenko, S. M. (2007). Obruntuvannia parametriv separatsii zerna v pokhylomu povitrianomu pototsi. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn: zahalnoderzh. mizhvidom. nauk.-tekhn. zb.*, 37. 132–137 [in Ukrainian].
8. Nesterenko, O. V., Leshchenko, S. M., & Petrenko, D. I. (2015). Doslidzhennia yakisnykh pokaznykiv pnevmoseparatsii pry bahatorivnevomu vvedenni zerna. *Silskohospodarski mashyny : zb. nauk. st. Lutsk : LNTU*. 32. 143–151. [in Ukrainian].
9. Petrenko, D.I. (2011). Obruntuvannia parametriv vidtsentrovopnevmatychnoho separatora zerna: dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.05.11. Kirovohrad [in Ukrainian].
10. Bakum, M. V., Krekot, M. M., & Abduev, M. M. (2016). Rezultaty doslidzhen vplyvu rehuliuvalnykh parametriv na efektyvnist rozdilennia nasinnievoi sumishi redysky pnevmatychnym separatorom z nakhylenym kanalom. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*. Ser. Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv, 10 (2), 67–71. [in Ukrainian].

11. Yaschuk, A., Kirchuk, R., & Dudarev, I. (2013) Research of the process of aeration of a layer of bulk material. *INMATEH - Agricultural Engineering*, 40 (2), 73–78. [in English].
12. Nesterenko O. V., Leshchenko S. M., Vasylykovskiy O. M., Petrenko D. I. (2017) Analytical assessment of the pneumatic separation quality in the process of grain multilayer feeding. *INMATEH. Agricultural Engineering. Romania*, 53 (3), 65–70. [in English].
13. Melnyk, V. A., Popadiuk, I. S., Volyk, D. A., Stepanenko, S. P. (2024). Doslidzhennia rozvytku tekhnolohii ta tekhnichnykh zasobiv dlia pnevmovidtsentrovoho rozdilennia zernovykh materialiv. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu imeni Dmytra Motornoho*, 24(1). 75–88. [in Ukrainian].
14. Kharchenko, S., Borshch, Y., Kovalyshyn, S., Piven, M., Abduev, M., Miernik, A., Popardowski, E., & Kielbasa, P. (2021). Modeling of Aerodynamic Separation of Preliminarily Stratified Grain Mixture in Vertical Pneumatic Separation Duct. *Applied Sciences*, 11(10), 4383 [in English].
15. Stepanenko, S. P. (2006). Vplyv parametriv pasyvnykh rozpushuvachiv na efektyvnist vibropnevmatychnoi separatsii zerna. *Pratsi Tavriiskoi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii*, 41, 153–160 [in Ukrainian].
16. Vasylykovskiy, M. I., Vasylykovskiy, O. M., & Leshchenko, S. M. (2007). Obhruntuvannia osnovnykh parametriv zamknoei dvokhstupenevoi pnevmoseparuiuchoi systemy ZOM. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu im. P. Vasylenka*. 59. 177–86. [in Ukrainian].
17. Kotov, B. I., Stepanenko, S. P., & Shvydia, V. O. (2016). Tekhnolohichni aspekty separatsii zerna u vertykalnomu kanali. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn: zahalnoderzh. mizhvidom. nauk.-tekhn. zb.*, 46, 154–159 [in Ukrainian].
18. Kotov, B. I., Spirin, A. V., Tverdokhlil, I. V., Stepanenko, S. P., & Shvydia, V. O. (2017). Do pytannia pnevmohravitatsiinoi separatsii zernovykh materialiv. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 4, 51–55. [in Ukrainian].
19. Shvydia, V. O. (2012). *Increasing the efficiency of the pneumatic centrifugal separator and substantiating the parameters of the working elements*. Extended abstract of candidat'e thesis . Hlevakha. 20 s. [in Ukrainian].
20. Vasylykovskiy, O. M., Honcharov, V. V., Petrenko, D. I., Leshchenko, S. M. (2010). Matematychna model roboty vidtsentrovogo-pnevmatychnoho separatora zerna. *Pratsi Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu*. 10. 94–104. [in Ukrainian].
21. Vasylykovskiy, O.M. (2001). *Design development and justification of parameters of a centrifugal sieve grain separator*. Extended abstract of candidat'e thesis . Kirovohrad [in Ukrainian].

Yevhenii Koban, Postgraduate student, **Oleksii Vasylykovskiy**, Prof., PhD tech. sci., **Olexandr Nesterenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Justification of the Structural Scheme of a Pneumatic Grain Separator

The aim of this research is to develop a fundamentally new design scheme for a pneumatic separator of grain materials that will ensure a significant reduction in specific energy consumption of the preliminary grain cleaning process while maintaining high indicators of technological efficiency. The relevance of the work is determined by the necessity to solve a complex of problems in existing aspiration systems: high energy consumption (40–50% of total energy costs), significant non-uniformity in air flow velocity distribution (non-uniformity coefficient up to 25–35%), losses of full-value grain to waste (up to 3–5%), and insufficient adaptability to variable characteristics of grain material.

The work presents a systematic analysis of existing designs of air systems for grain cleaning machines according to the principle of air flow creation (suction, pressure, combined), direction of air movement (ascending, horizontal, variable), and design features of aspiration channels (uniform cross-section, confusor, diffusor, variable cross-section). It has been established that the most energy-intensive are classical vertical systems with ascending flow, where air velocity approaches the floating velocity of the main crop grain (8.5–11.0 m/s depending on the crop). Three main directions for reducing energy consumption have been identified: ensuring air recirculation, optimization of geometric parameters, and using the method of indirect separation of light particles by deflecting their trajectory. An original design scheme of a pneumatic separator with a closed aspiration system has been proposed, implementing the principle of thin-layer movement of grain material with acceleration and deflection of light impurities trajectory by cross air flow. Theoretical justification of the acceleration chute parameters has been performed to ensure material movement in a single-grain layer, and mathematical dependencies between initial layer thickness, grain outflow velocity from the hopper, and required velocity at the entrance to the separation zone have been obtained.

Research results showed that the most effective method for reducing specific energy consumption is the application of the light impurities deflection method combined with the use of closed aspiration. Reducing the

grain flow thickness to a single layer allows minimizing resistance and pressure losses in the aspiration system. It has been established that accelerating grain material to a velocity of 2 m/s ensures the formation of a single-layer flow with specific productivity of 3.5 kg/(m·s), which corresponds to the indicators of general-purpose grain cleaning machines such as OVS-25. The proposed separator design combines structural simplicity, manufacturing efficiency, and the potential for significant reduction in energy consumption of the pneumatic separation process for grain materials.

grain, air purification, aspiration, separator, separation efficiency, energy efficiency

Одержано (Received) 10.11.2025

Прорецензовано (Reviewed) 02.12.2025

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025