



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-5

УДК 631.362.3

В. А. Мельник<sup>1</sup>, аспірант

ORCID: 0009-0006-2383-9572

І. С. Попадюк<sup>1</sup>, інженер

ORCID: 0000-0001-5138-9499

Д. А. Волик<sup>1</sup>, аспірант

ORCID: 0009-0001-1979-861X

С. П. Степаненко<sup>1</sup>, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-8331-4632

<sup>1</sup> Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національна академія аграрних наук України

e-mail: stepanenko\_s@ukr.net

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗДІЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

*Анотація.* У статті представлений аналіз сучасних тенденцій у напрямку розвитку технологій для пневматично-відцентрової сепарації зерна та насіння. Проведений аналіз технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів показав, що вони є ефективними пристроями для сортування матеріалів за допомогою аеродинамічних принципів і розділення їх на фракції за густиною насіння. Також варто зазначити, що наукові принципи, що лягли в основу конструкцій цих машин, дозволяють розділити продукти за їхньою густиною за допомогою потоку повітря, що забезпечує комбіновану дію видалення легких домішок та очищення зерна. Встановлено, що розглянуті конструкції технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів характеризуються вдосконаленою конструкцією, що забезпечує кращу рівномірність розподілу матеріалів по робочих поверхнях сепаруючих решіт і компактність їх виробництва. Перевагами цих пристроїв безсумнівно є висока продуктивність і низьке енергоспоживання, що робить їх привабливими для виробництва та обробки зерна та інших сільськогосподарських матеріалів. Аналіз останніх тенденцій у розвитку машин і обладнання для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів свідчить про актуальність і перспективність цього напрямку досліджень.

*Ключові слова.* Пневмовідцентровий сепаратор, розділення зернових матеріалів, технологія, технічний засіб, інтенсифікація процесу розділення.

*Постановка проблеми.* На сьогодні активно досліджуються різні методи розділення зерна для розробки високоефективних сепаруючих органів зерноочисних машин. Провідне місце серед них займають відцентрово-вібраційні та відцентрово-пневматичні методи. Сільськогосподарська практика показує, що лише решітні сепаруючі пристрої не є оптимальним вибором для зерноочисних машин. Повітряно-решітні машини, де використовується повітряна сепарація разом з решітною очисткою, є більш поширеними. Однак комбінування високоефективного пневматичного сепаруючого



пристрою з циліндричними відцентрово-вібраційними решетами представляє великий інтерес. Такий підхід може призвести до створення дуже продуктивних зерноочисних технічних засобів, а використання відцентрово-вібраційних сил додатково підсилить процес розділення зернових матеріалів.

*Аналіз останніх досліджень.* Протягом останніх років спостерігається поступовий розвиток конструкцій технічних засобів для пневматично-відцентрової сепарації [1-6], що супроводжується переходом робочих процесів на підвищення швидкості руху зернового матеріалу по робочих органах та заміною традиційного поступального руху на обертовий. Підвищена швидкість призводить до більш значного насичення матеріалу енергією [6, 8, 11], що в свою чергу призводить до збільшення напружень, які виникають в зерновому середовищі в процесі його розділення. Це сприяє підвищенню продуктивності [16-18], покращенню якості роботи [12] та спрощенню конструкції технічних засобів [13].

*Формулювання мети статті.* Встановити майбутні напрямки удосконалення технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів і створення продуктивних та високоякісних сепараторів для обробки зерна та насіння.

*Основна частина.* Значний внесок у дослідження впливу сил інерції складного руху робочого органу на процес поділу насіннєвих сумішей був зроблений [14]. Робочий орган віброцентрифуги, який він вивчав, представляє собою циліндр з плексигласу розміром 200 мм у довжину і 86 мм у діаметрі, з внутрішньою поверхнею, обладнаною шипами висотою 7 мм. Робочий орган обертвся навколо вертикальної осі з кутовою швидкістю 73,3 рад/с і здійснював коливальний рух вздовж цієї осі із частотою 30–33 Гц та амплітудою 3–4 мм. Під впливом цього коливального руху шар насіннєвої суміші на його внутрішній поверхні переходив у псевдозріджений стан і рухався зверху вниз. У нижній частині ротора за допомогою кільця розділення проводилося виділення фракцій суміші рис.1.

В даному технічному засобі - віброцентрифузі при розділенні суміші насіння проса і пшона, що містить 20% пшона за масою, досягнуто підвищення чистоти проса до 95,75% за питомого навантаження на сепаруючу поверхню 3,33 кг/см<sup>2</sup>. Дані значення питомого навантаження на 20% перевищує те, яке було досягнуте на центрифюзі, його попередником, що свідчить про позитивний вплив коливального руху робочого органу на ефективність процесу розділення.

Недоліками даної віброцентрифуги є потреба у виділенні фракцій за допомогою роздільного кільця та відносно висока (понад 33–35 Гц) частота коливань робочого органу, необхідна для запобігання "заклиненню" зернового матеріалу на сепаруючій поверхні.

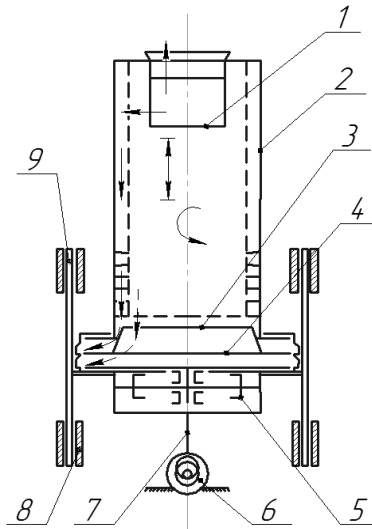


Рис. 1. Схема віброцентрифуги [14]:

1 – розкидач; 2 – ротор; 3 - кільце; 4 - тарілка; 5 – шків;  
6 – ексцентрик; 7 – шатун; 8 - напрямна; 9 – шток

Конічну форму робочих органів було вивчено у працях [15, 16] та інших [21, 22]. Розроблена конструкція [15] описує рух матеріальної точки по внутрішній поверхні конуса, який обертається навколо осі, розташованої довільно у просторі і коливається вздовж цієї осі. Проте цю модель неможливо вважати "універсальною", як це вказано у роботі, що розглядає рух матеріальної точки і тіла за фрикційним принципом з умовою обертання.

Робочий орган віброцентрифуги, здійснює схожі рухи у просторі, але також додатково продувається повітряним потоком (рис. 2).

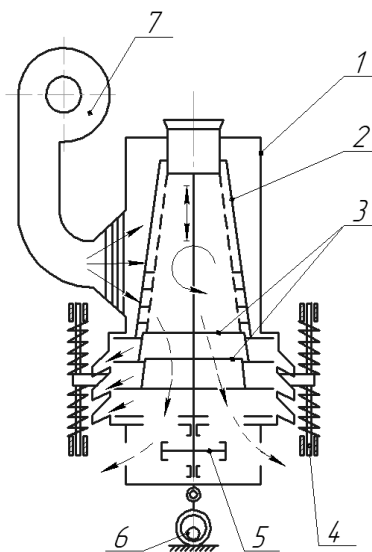


Рис. 2. Схема пневмовіброцентрифуги, дослідженої [15]:

1 – рама; 2 – ротор; 3 - ділильні тарілки; 4 - напрямні; 5 – шків;  
6 – ексцентрик вібратора; 7 – вентилятор

В проведених оригінальних дослідженнях [15], встановлено, що використання енергії повітряного потоку має великий потенціал для покращення процесу сепарування. Проте, з розрахункових формул, представлених у даному дослідженні та результатів експериментів, можна зробити висновок, що найвища якість сепарування досягається при нульовому тиску повітряного потоку на сепаруючій поверхні, що суперечить висновкам інших авторів, що вивчали вплив повітряного потоку на роботу пневматичних сортувальних столів [8, 11] та пневмовіброцентрифуг [18-20]. Пневмовіброцентрифуга має недоліки, типові для всіх центрифуг, включаючи використання ділільних кілець, які порушують структуру шару та знижують якість сепарування.

Найбільш повно роботу пневматичного сортувального столу моделює пневмовіброцентрифуга, яку запропонував Гончаров Є.С. [13] та дослідив Прилуцький А.Н., наведена на рис. 3.

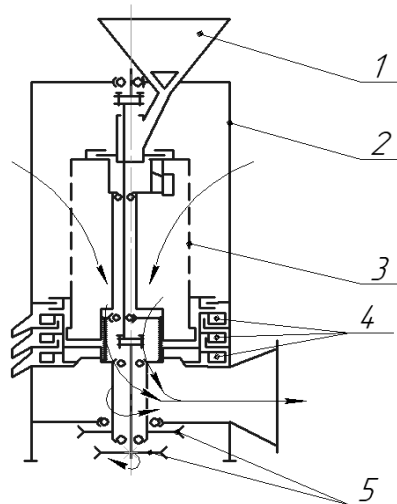


Рис. 3. Схема пневмовіброцентрифуги запропонованої Гончаровим Є.С. та Прилуцьким А.Н.:

- 1 – бункер; 2 – рама; 3 – ротор; 4 – вивантажувальні лопатки;  
5 – шків приводу ротора

Робочий орган цієї пневмовіброцентрифуги представляє собою ротор, що складається з двох повітропроникних секцій, бічна поверхня має змінні радіуси обертання навколо вертикальної осі. Ротор здійснює планетарний рух у горизонтальній площині і продувається повітрям. Незважаючи на те, що пневмовіброцентрифуга має підвищену на 2,5 рази порівняно з пневматичними сортувальними столами питому продуктивність, вона має знижену у 2,6 рази питому матеріалоемність і в 1,15 разів питому енергоемність, вона все ж не є повністю ефективним рішенням для

створення високопродуктивної машини для поділу насіння за густиною.

Навіть при досягненні чистоти 96% при поділі важкорозділеної суміші насіння пшениці і часток плодів дикої редьки, де важка фракція насіння пшениці становить 25%, виявлені недоліки. Недоліками зазначеної пневмовіброцентрифуги є недостатньо чітке відтворення кінематичних пар руху робочого органу, застосування розчісуючих планок, які розміщені над сепаруючою поверхнею і поділяють шар над кільцями, а також неможливість управління процесом, включаючи зупинку машини та регулювання на ходу. Слід відмітити, що нерівна товщина шару матеріалу по поверхні ротора, особливо в його нижній частині, де товщина шару найменша, а тиск повітряно-потіку найвищий, призводить до зниження якості розділення через порушення структури шару.

Харченко С.О. та Гаєк Є.А. [8, 21, 22] запропонували модернізований технічний засіб вібровідцентрової дії з можливістю самопересування рис. 4.



Рис. 4. Модернізований сепаратор СВС-25М

Процес очищення запиленого промислового повітря розділяється на два етапи. Перший етап полягає у відокремленні великодисперсних частинок з розміром 200 мікрметрів і більше у осаджувальній камері. Уловлення легких домішок здійснюється за рахунок сил інерції та тяжіння.

Запилене промислове повітря з дрібнодисперсним пилом, як стверджують автори [8], направляється до інерційного жалюзійного пиловідділювача. Завдяки зменшенню площі перетину та налаштованим жалюзі, чисте повітря виходить з пиловідділювача, а залишається потік з концентрованим вмістом дисперсних частинок.

Другий етап включає використання жалюзійно-інерційного пиловідділювача та ротаційного циклону для відокремлення дрібнодисперсної фази з розміром 1–150 мікрметрів.

Технологічний процес очищення запиленого промислового повітря на сепараторі СВС-25 відбувається наступним чином. Спочатку запилене повітря направляється до пилоосаджувальної камери, де відбувається уловлювання легких домішок та великодисперсних частинок пилу. Далі, після інерційного пиловловлювача, промислове повітря з дрібнодисперсним пилом направляється до розробленого ротаційного циклону.

Конструктивні параметри розробленого циклону встановлені відповідно до результатів теоретичних та експериментальних досліджень [8]: частота обертання ротора  $\Omega = 150$  рад/с, кут нахилу лопатей завихрювача  $\alpha = 20^\circ$ , кількість дисків доочисника  $n = 6$  шт., ширина відкриття жалюзі  $b = 15$  мм та відстань між дисками доочисника  $h = 1,5$  мм.

Бредихіним В.В. [6] було запропоновано використання чешуйчастої робочої поверхні у якості інтенсифікатора розділення насінневого матеріалу (рис. 5).

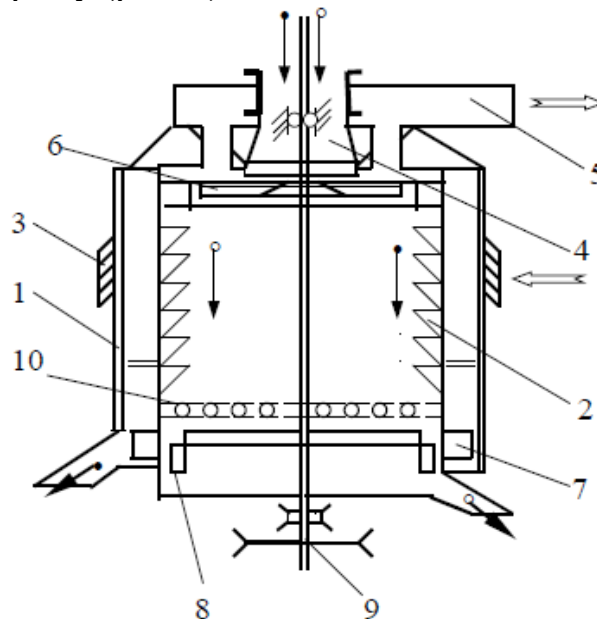


Рис. 5. Схема вібровідцентрового сепаратора:

- 1 – корпус; 2 – робоча поверхня; 3 – вікна; 4 – живильник;
- 5 – пневмосистема; 6 – розкидач; 7, 8 – вивантажувальні лопаті;
- 9 – привод; 10 – подільник

Рифлі, виготовлені у формі чешуйки, штучно сповільнюють рух частинок насінневого матеріалу та спричиняють анізотропне тертя. Це тертя збільшується, коли насінневий матеріал рухається проти напрямку рифлів, і зменшується, коли вони рухаються вздовж похилої



поверхні. Розробку успішно впроваджено у серійне виробництво на ВАТ "Завод ім. Фрунзе" (м. Харків). Рифлі спрямовані широкою кромкою проти напрямку руху шарів насінневого матеріалу і мають отвори для направлено введення повітряного потоку в шар.

Вже в своєму новому дослідженні Бредихін В.В. [10] запропонував іншу схему вібропневмовідцентрового сепаратора рис. 6.

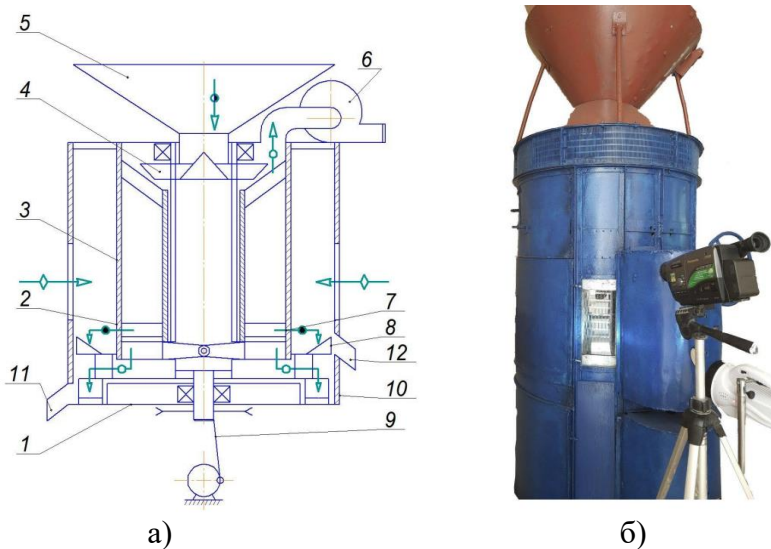


Рис. 6. Схема (а) та загальний вигляд (б) вібропневмовідцентрового сепаратора:

1 – корпус; 2 – ротор; 3 – поверхня робоча; 4 – розкидач дисковий; 5 – бункер завантажувальний; 6 – патрубок вентилятора; 7 – дільник решітний; 8, 11, 12, 13 – лопатки; 9 – віброзбудник; 10 – вікна

Процес розділення матеріалу за густиною насіння циліндричними вібропневмовідцентровими сепараторами має значні відмінності в порівнянні з процесом розділення на пневмосортувальному столі, як зазначає автор [10, 22]. Дослідження процесу вібропневмовідцентрового розділення проводилися на циліндричному вібропневмовідцентровому сепараторі (рис. 6, а), який побудовано на базі сепаратору типу БЦС, що випускається серійно.

Вібропневмовідцентровий сепаратор функціонує наступним чином: матеріал через завантажувальний бункер потрапляє на тарільчастий розкидач, який завантажує зону формування усталеного шару матеріалу. Частинки матеріалу, потрапивши на робочу поверхню, під дією відцентрової сили притискаються до неї і, під впливом сили тяжіння та коливань робочої поверхні, починають рухатися у нижню частину сепаратора до зони вивантаження. Під дією коливань робочої поверхні та сили повітряного потоку матеріалу переходить у вібропневморозріджений стан, що спричиняє початок процесу сегрегації. Під час цього процесу частинки матеріалу з

більшою густиною притискаються до робочої поверхні, тоді як частинки з меншою густиною спливають на поверхню шару. "Важка" і "легка" фракції вивантажуються у відповідні лотки під дією відцентрової сили.

В дослідженнях [9] аторами запропоновано модернізовану конструкцію технічного засобу для пневмовібровідцентрової сепарації зернових матеріалів за густиною рис. 7.

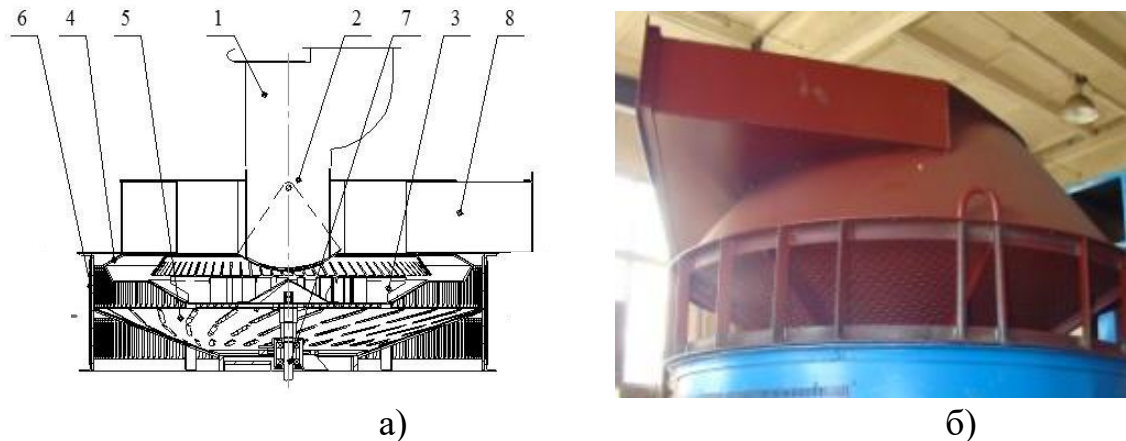


Рис. 7. Технологічна схема (а) та загальний вигляд (б) експериментальної установки для дослідження пневмовихрового процесу сепарування:

- 1 – завантажувальний зернопровід; 2 – дозувальний пристрій;
- 3 – розкидач зернової суміші; 4 – стінка пневмоканала;
- 5 – жалюзійний конус; 6 – жалюзійна циліндрична стінка;
- 7 – вал ротора сепаратора; 8 – кожух

Дослідниками [9, 23-25] на основі аналізу теоретичних і експериментальних досліджень розроблено нову аспіраційну систему фракціонування зернових матеріалів в пневмовихровій осадовій камері машини для пневмовібровідцентрового очищення зерна БЦСМ-25М з наступним виділенням дрібної фракції циліндричним решетом. Максимальні значення ефекту очищення при роботі машини було досягнуто з питомим навантаженням на канал аспірації  $q_{уд} = 38,06 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$  та складають відповідно  $Y_E = 63-78\%$  за  $Y_{II} = 2-3\%$ .

Одним із перспективних напрямків розвитку машин пневмовібровідцентрової сепарації є використання компактних конструкцій. Оптимізація процесу може призвести до зменшення габаритних розмірів машини, що відкриває можливість більш ефективного використання виробничих площ та матеріалів. Крім того, такі компактні машини можуть бути використані як окремі блоки в складі комплексу машин для зерноочистки.



За останні роки в світі спостерігається тенденція до універсальності апаратів та прагнення до їх компактної конструкції. Прикладом такої машини є сепаратор, розроблений фірмою Escher Wyss, який схематично зображений на рис. 8.

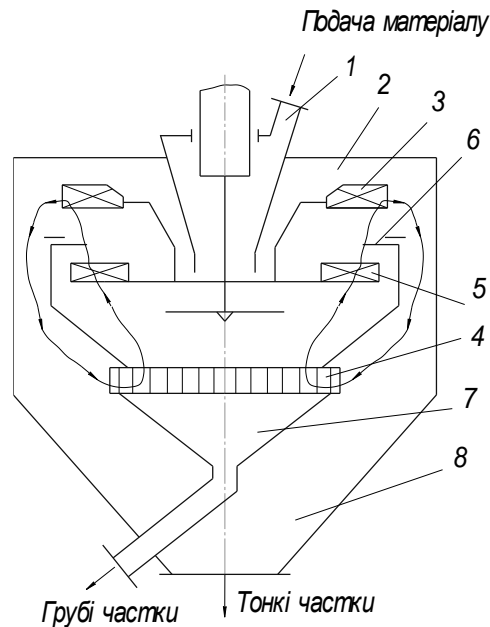


Рис. 8. Схема повітряно – замкнутого відцентрового класифікатора фірми Escher Wyss:

1 – завантажувальний патрубок, 2 – розкидуюча тарілка, 3 – лопати вентилятора, 4 – жалюзі, 5 – відбійники, 6 – контрольна задвижка, 7 – порожнина збору грубих часток, 8 – порожнина збору тонких часток

Описаний процес сепарації на пневмовібровідцентровому сепараторі включає кілька основних кроків. Продукт завантажується через патрубок і потрапляє на розкидуючу тарілку, звідки матеріал рівномірно подається до периферії. Після цього, крупні частки випадають у порожнину для збору грубих часток, тоді як більш дрібні рухаються вгору і піддаються сепарації на відбірниках. Процес сепарації відбувається шляхом розділення грубих та мілких часток за допомогою вентилятора та повітряного потоку, який просочується через жалюзі і повертається на сепарацію.

Незважаючи на різноманіття апаратного оформлення пневмовідцентрових сепараторів, принцип їх дії є аналогічним описаному. Відмінності торкаються переважно механічної частини класифікаторів, системи регулювання та аеродинаміки проточних частин, що впливає на кількісні характеристики апаратів, але не зачіпає загальних принципів організації процесу.

Зазначений ефект сепарації в пневмосепараторах типу DA 67 і SP 68 фірми "DAQUET" [3, 5] дійсно базується на принципі обертання

частинок та їх руху в потоці повітря. Дрібні частки, рухаючись у висхідному потоці, можуть успішно пройти між швидко обертаючимися відбірниками, тоді як крупні частки будуть відкинуті на периферію під дією відцентрових сил. Цей процес дозволяє ефективно розділити матеріал за щільністю частинок рис. 9.

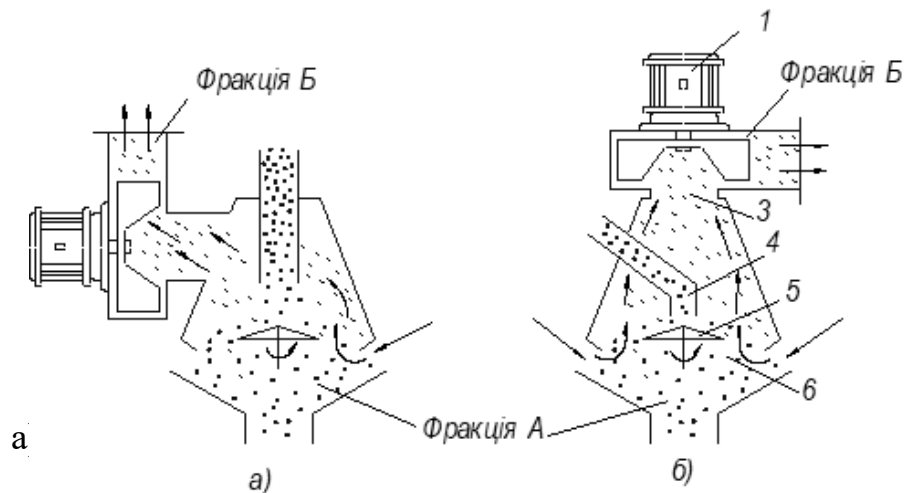


Рис .9. Схема пневмосепаратора фірми „DAQUET” (Франція)

Пневмосепаратори DA 67 та SP 68 можуть бути використані для обробки матеріалу, поданого безпосередньо з зернопровода поточних ліній або за допомогою спеціальних живильних пристроїв. Ці машини мають велику продуктивність, що робить їх популярними серед виробників, які потребують швидкого та ефективного сепарування матеріалу за щільністю.

Робота цих двох, на перший погляд, ідентичних пневмосепараторів відрізняється тим, що аеродинамічна схема машини SP 68 є більш вдосконаленою. Вона забезпечує кращу рівномірність розподілення швидкостей повітряного потоку завдяки осьовому всмоктуванню. Компактність та простота конструкції, при цьому, поєднуються з високою продуктивністю (30 т/год для DA 67 і 50 т/год для SP 68) та невеликим споживанням електроенергії (1,5 кВт для DA 67 і 5,5 кВт для SP 68) - це головні переваги цих систем.

#### *Висновки.*

1. Аналізом технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів встановлено, що вони є ефективними пристроями для сепарації матеріалів на основі аеродинамічних принципів та розділення на фракції за густиною насінин.

2. Слід також зазначити, що закладені наукові принципи в конструкціях даних машин дозволяють розділити продукти за їхньою густиною з допомогою повітряного потоку, забезпечуючи комбіновану дію видалення легких домішок та очищення зерна.



3. Встановлено, що наведені конструкції технічних засобів для пневмодцентрового розділення зернових матеріалів, відрізняються вдосконаленою конструкцією, яка забезпечує кращу рівномірність розподілу матеріалів по робочих поверхнях сепаруючих решіт і компактність їх виготовлення. Перевагами даних пристроїв безперечно є висока продуктивність і низьке енергоспоживання, що робить їх привабливими для виробництва і обробки зернових та інших сільськогосподарських матеріалів.

4. Аналіз останніх тенденцій розвитку машин та обладнання для пневмодцентрового розділення зернових матеріалів дає можливість стверджувати, що даний напрямок досліджень є актуальний і перспективний.

#### *Список використаних джерел*

1. Алієв Е. Б. Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва : підручник. Київ : Аграрна наука, 2023. 341 с.

2. Тищенко Л. Н. Интенсификация сепарирования зерна. Харьков : Основа, 2004. 224 с.

3. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентилявання, охолодження) : монографія / Б. І. Котов [та ін.]. Ніжин : ПП Лисенко, 2017. 487 с.

4. Харченко С. О. Концепція інтенсифікації процесів віброрешітного просіювання зернових сумішей : автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11. Харків, ХНТУСГ, 2018 р. 40 с.

5. Основи теорії та технології повітряної сепарації зернових матеріалів: монографія / Б. І. Котов, С. П. Степаненко. Київ : ЦП Компринт, 2023. 427 с.

6. Тищенко Л. Н., Бредихин В.В. Тенденции совершенствования вибропневматических центрифуг для разделения зерновых смесей. *Конструювання, виробництво та експлуатація с.г. машин*. 2001. Вип. 31. С. 92–96.

7. Тищенко Л. Н., Ольшанский В. П., Ольшанский В. П. Гидродинамика сепарирования зерна. Харьков, 2010. 174 с.

8. Харченко С. О., Гаек Е. А. Способ повышения эффективности процесса очистки воздушного потока и разработка циклона аспирационных систем зерноочистительных машин. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. 2013. Вип.135. С. 87–92.

9. Степаненко С. П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: автореф. дис. ...докт. техн. наук: 05.05.11. Глеваха, 2020. 48 с.



10. 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.
11. Identification of a mixture of grain particle velocity through the holes of the vibrating sieves grain separators / L. Tishchenko et al. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2, no. 7(80). P. 63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65920>.
12. Vadym Bredykhin, Stanislav Tikunov, Maksim Slipchenko, Oleksiy Aifyorov, Alexey Bogomolov, Taras Shchur, Slawomir Kocira, Piotr Kiczorowski, Rostyslav Paslavskyy. Improving efficiency of corn seed separation and calibration process. *Agricultural Engineering*. 2023. Vol. 27(1). P. 241–253. <https://doi.org/10.2478/agriceng-2023-0018>.
13. Гончаров Е. С. Исследования процесса сепарации зерновых материалов центробежно-вибрационными решетками: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Киев, 1963. 40 с.
14. Ульянов А. Ф., Бочкарев И. А., Кулаков Г. Ф. Вибрационное центрифугирование зерна. Москва: ВНИИЗ, 1963. 166 с.
15. Барилл А. В. Исследование вертикально – вибрационного решета на очистке зернового вороха. Ленинград: ЛСХИ, 1962. 23 с.
16. Kharchenko S., Borshch Y., Kovalyshyn S., 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. <https://doi.org/10.3390/app11104383>
17. Stepanenko S., Kotov B., Kuzmych A., Kalinichenko R. & Hryshchenko V. Research of the process of air separation of grain material in a vertical zigzag channel. *Journal Of Central European Agriculture*. 2023. Vol. 24(1). P. 225–235. <https://doi.org/10.5513/jcea01/24.1.3732>.
18. Theoretical studies of the process of grain material movement on the surface of the stepped vibrating feeder / S. Stepanenko [et al.]. *Journal Of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 2(105). P. 25–32. <https://doi.org/10.37128/2306-8744-2022-2-3>
19. 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. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF139>.
20. Adamchuk V., Bulgakov V., Gadzalo I., Ivanovs S., Stepanenko S., Holovach I. & Ihnatiev Y. Theoretical Study of Vibrocentrifugal Separation of Grain Mixtures on a Sieveless Seed-cleaning. *Machine Journal of latvia university of life sciences and technologies. Rural sustainability research*. 2021. Vol. 46(341). P. 116–124. <https://doi.org/10.2478/plua-2021-0023>.
21. 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. <https://doi.org/10.3390/app11104383>.

22. Tishchenko L., Kharchenko S., Kharchenko F., Bredykhin V. & Tsurkan O. Identification of a mixture of grain particle velocity through the holes of the vibrating sieves grain separators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2(7 (80)). P. 63–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65920>.

23. Stepanenko S., Kotov B., Kuzmych A., Shvydia V., Kalinichenko R., Kharchenko S., Shchur T., Kocira S., Kwa'sniewski D. & Dziki D. To the Theory of Grain Motion in an Uneven Air Flow in a Vertical Pneumatic Separation Channel with an Annular Cross Section Processes. *Journal Of Central European Agriculture*. 2022. Vol. 10. P. 1929. <https://doi.org/10.3390/pr10101929>.

24. Shvidia V. O., Stepanenko S. P., Kotov B. I., Spirin A. V. & Kucheruk V. Yu. Influence of vacuum on drying of seeds of grain crops. *Herald of Karaganda University. "Physics" series*. 2022. № 3(107). P. 90–98. <https://doi.org/10.31489/2022PH3/90-98>.

25. Kotov B., Stepanenko S., Tsurkan O., Hryshchenko V., Pantsyr Y., Garasymchuk I., Spirin A. & Kupchuk I. Fractioning of grain materials in the vertical ring air channel during electric field imposition. *Przeegląd elektrotechniczny*. 2023. Vol. 1. P. 100–104. <https://doi.org/10.15199/48.2023.01.19>.

*Стаття надійшла до редакції 10.04.2024 р.*

**V. Melnyk<sup>1</sup>, D. Volyk<sup>1</sup>, I. Popadyuk<sup>1</sup>, S. Stepanenko<sup>1</sup>**

**<sup>1</sup>Institute of mechanics and automatics of agroindustrial production  
of the national academy of agrarian sciences of Ukraine.**

**RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES  
AND TECHNICAL MEANS FOR PNEUMATIC CENTRIFUGAL  
SEPARATION OF GRAIN MATERIALS**

*Summary*

The article presents an analysis of current trends in the development of technologies for pneumatic-centrifugal separation of grain and seeds. The analysis of technical means for pneumatic-centrifugal separation of grain materials has shown that they are effective devices for sorting materials using aerodynamic principles and separating them into fractions based on seed density. It is also worth noting that the scientific principles underlying the designs of these machines allow for the separation of products based on their density using an airflow, providing a combined action of removing light impurities and cleaning the grain.

It has been established that the considered designs of technical means for pneumatic-centrifugal separation of grain materials are characterized by improved





construction, ensuring better uniformity of material distribution across the working surfaces of separating screens and compactness of their production. The advantages of these devices undoubtedly include high productivity and low energy consumption, making them attractive for grain processing and other agricultural materials.

An analysis of recent trends in the development of machinery and equipment for pneumatic-centrifugal separation of grain materials indicates the relevance and prospects of this research direction.

One of the promising directions in the development of pneumatic-vibratory centrifugal separation machines is the use of compact designs. Optimization of the process can lead to a reduction in the overall dimensions of the machine, which opens up the possibility of more efficient use of production space and materials. Moreover, such compact machines can be utilized as standalone units within a complex of machines for grain cleaning.

Today, various methods of grain separation are actively being researched to develop highly efficient separating elements for grain cleaning machines. Among them, centrifugal-vibratory and centrifugal-pneumatic methods hold a leading position. Agricultural practice shows that only screen separating devices are not the optimal choice for grain cleaning machines. Air-screen machines, where air separation is combined with screen cleaning, are more widespread. However, the combination of a highly efficient pneumatic separating device with cylindrical centrifugal-vibratory screens is of great interest. Such an approach could lead to the creation of highly productive grain cleaning equipment, and the use of centrifugal-vibratory forces would further enhance the process of separating grain materials.

**Keywords:** Pneumatic-centrifugal separator, separation of grain materials, technology, technical means, intensification of the separation process.