

УДК. 631.362.3:631.1

## **АНАЛІЗ ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН, ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЙ**

Михайлов Є.В. к.т.н.,  
Білокопитов О.О. інженер,  
Задосна Н.О.інженер,  
*Таврійський державний агротехнологічний університет*  
Тел. (0619) 422132  
Сердюк Д.В., інженер  
*Дніпропетровський державний аграрний університет*  
Тел. (056) 7135192

**Анотація** – в роботі представлено класифікацію та аналіз роботи пневмосепаруючих систем зерноочисних машин.

**Ключові слова** – пневматичні сепаруючі системи, повітророзподільні канали, ворох зерновий.

*Постановка проблеми.* Зерновий матеріал після його збирання і виділення з вороху представляє собою суміш зерна основної культури та до 10 % зернових домішок – пошкодженого і недозрілого, що є більш вразливим до дій різних шкідливих організмів, сторонніх культурних рослин, бур'янів, а також різноманітних домішок мінерального та органічного походження [1,2]. Окремі домішки в партіях зерна мають вищу вологість, ніж саме зерно, до того ж вони часто вражаються мікроорганізмами. Це призводить до швидшого зігрівання забруднених партій зерна і вищих втрат від дихання. Попереднє очищення зерна є одною з найважливіших технологічних операцій післязбиральної обробки зерна в системі підготовки насінневого матеріалу, яке дозволяє виділити з зернового вороху соломисті, легкозважені домішки, бур'яни за рахунок використання повітряного потоку, а це потребує вдосконалення пневмосепаруючих систем зерноочисних систем.

*Аналіз останніх досліджень.* Зерноочисні машини попередньої обробки зерна класифікуються за наступними признаками: - по мобільності, по признаку подільності зернової суміші, по типу вентилятора, по типу системи повітряного потоку, по типу каналу повітряного потоку, по типу решіт (Рис.1) [3,4,5]

Проблема захисту атмосферного повітря від техногенних викидів промислових підприємств у світі й в Україні надзвичайно актуальна. За даними ООН щорічно в атмосферу викидається близько 2,5 млн. т пилу [5]. В той же час проблема виділення легких домішок та пилу і сьогодні залишається актуальною.

*Мета дослідження.*

Аналіз пневмосепаруючих систем зерноочисних машин та вдосконалення їх класифікації

*Основна частина.*

Широке використання пневмосепаруючих систем з використанням повітряних потоків відкритого та закритого типів в зерноочисних машинах потребують глибокого їх аналізу. Класифікація пневмосепаруючих систем, що виконана за дослідженнями [ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 ] (Рис.1.) найбільш повно відображає їх з точки зору використання в зерноочисних машинах.

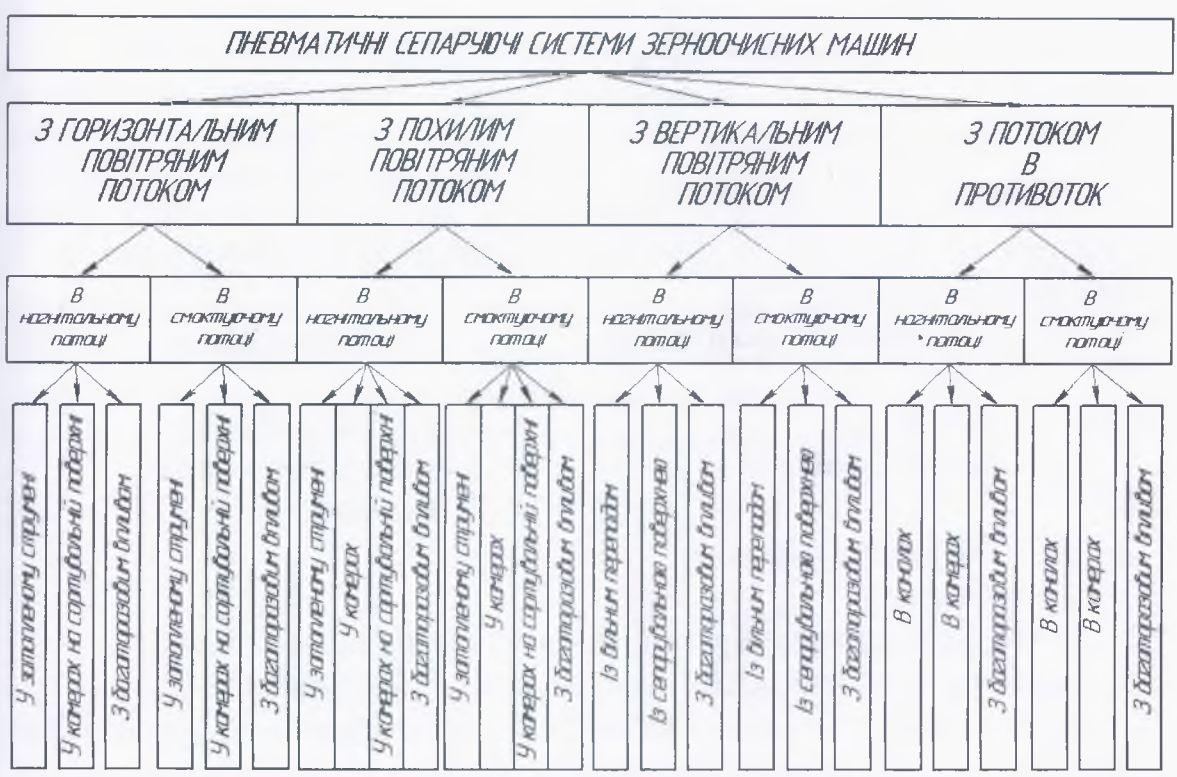


Рис. 1. Класифікація пневматичних сепаруючих систем

Класифікація дає можливість проведення аналізу існуючих пневматичних сепаруючих систем і повітророзподільних каналів зерноочисних машин, які, як правило, носять одну ознаку, інколи дві, що з принциповою їх модернізацією суттєво покращує процес сепарації зернового вороху. Це обумовлено тим, що від початку проведених досліджень суттєво змінилась уява про деякі технічні рішення.

Перш за все, це стосується діаметрального вентилятора [ 10 ]. З його появою, як технічного засобу, що забезпечує необхідний тиск і швидкість повітряного потоку, а головне, рівномірність повітряного потоку вже на вході в розподільний канал, з'явилась можливість створення пневматичних сепаруючих систем з використанням повітряних потоків закритого типу [ 11, 12 ], що випускається промисловістю, та експериментальні [ 6, 7, 8, 13, 14 ], а також з використанням повітряних потоків відкритого типу [ 8 ].

Подруге, в розподільному каналі з'являється принципово новий елемент - лоток-інтенсифікатор [ 15 ]. Передувало його появі ряд технічних рішень повітророзподільних каналів з горизонтальним, похиленим та вертикальним повітряним потоком, що відображено в роботі [ 14 ].

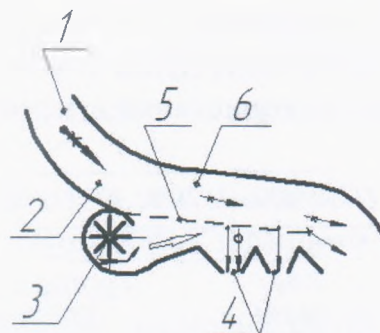


Рис. 2. Повітророзподільний канал з горизонтальним повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею і в нагнітальному потоці [9].

|  |                                 |  |                              |
|--|---------------------------------|--|------------------------------|
|  | - нагнітаючий повітряний потік; |  | - очищене зерно.             |
|  | - ворох;                        |  | - легкі домішки;             |
|  | - великі домішки;               |  | - подрібнене зерно, бур'яни; |
|  | - обертання окремих елементів   |  |                              |

1 – бункер; 2 – живлячий устрій; 3 – вентилятор відцентровий;  
4 - поділювач; 5 - решето; 6 - повітророзподільний канал

Повітророзподільний канал [9] у відповідності до класифікації (Рис.1.) з горизонтальним повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею і в нагнітальному потоці представлений на рисунку 2.

Поставлена мета полягала в тому, що під дією нагнітаючого повітряного потоку, створеного відцентровим вентилятором 3 соломисті домішки, видалялись в осадову камеру, а зернові домішки і повноцінне зерно проходили сепарацію на решеті 5.

Повітророзподільний канал [ 9 ] з горизонтальним повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею і у всмоктуючому потоці представлений на рисунку 3.



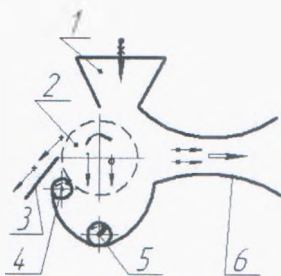









Рис. 3. Повітророзподільний канал з горизонтальним повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею і у всмоктуючому потоці [9].

- |   |   |
|---|---|
|  - всмоктуючий повітряний потік; |  - обертання окремих елементів |
|  - ворох;                        |  - легкі домішки;              |
|  - великі домішки;               |  - подрібнене зерно, бур'яни;  |
|  - очищене зерно.                |   |

1 – бункер; 2 – решето циліндричне; живлячий устрій; 3 – поділювач; 4 – очисник решета; 5 - шнек; 6 - повітророзподільний канал

Ворох, що надходить з бункера 1 до циліндричного решета 2 сепарується на очищене і подрібнене зерно, за рахунок обертання видаляються великі домішки, а під дією всмоктуючого повітряного потоку, створеного осьовим або діаметральним вентилятором, виділяються повітровідокремлюючі і легкі домішки.

Недоліком повітророзподільних каналів з горизонтальним повітряним потоком є його нерівномірність і складність виконання широкого струменя. Позитивними якостями – відсутність збігу сил тяжіння домішок та аеродинамічної сили повітряного потоку, що дає змогу використовувати дуже прості живлячі пристрої [9].

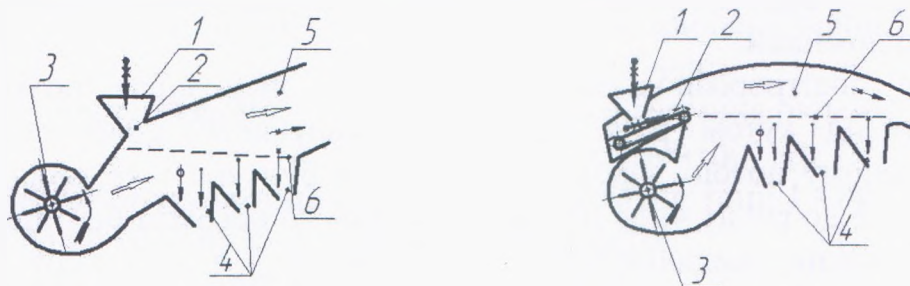








Рис. 4. Повітророзподільний канал з нахиленим повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею і у нагнітальному потоці [9].

- |   |  |
|---|--|
|  - нагнітаючий повітряний потік; |  - очищене зерно.             |
|  - ворох;                        |  - легкі домішки;             |
|  - великі домішки;               |  - подрібнене зерно, бур'яни; |

— — - обертання окремих елементів

1 – бункер; 2 – живлячий устрій; 3 – вентилятор відцентровий;  
4 - поділювач; 5 - повітророзподільний канал; 6 – решето

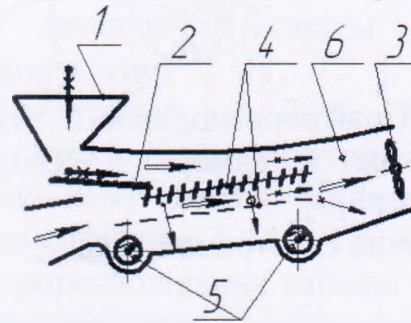


Рис. 5. Повітророзподільний канал з нахиленим повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею і у всмоктуючому потоці [9].

→ - всмоктуючий повітряний потік;

— — - ворох;

— — - великі домішки;

— — - очищене зерно.

— — - обертання окремих елементів

— — - легкі домішки;

○ - подрібнене зерно, бур'яни;

1 – бункер; 2 – живлячий устрій; 3 – вентилятор осьовий (діаметральний); 4 - решето; 5 - шнек; 6 - повітророзподільний канал

Повітророзподільний канал з нахиленим повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею у нагнітальному і у всмоктуючому потоках представлений відповідно на рисунках 4 і 5 [9].

Ворох з бункера 1 крізь живлячий пристрій 2 надходить до похилого решета 6 встановленого під кутом  $\alpha$ . Нахилений під кутом  $\beta$  повітряний потік створений відцентровим вентилятором 3 впливає на потік вороху виділяючи легкі домішки, а на решеті повноцінне зерно та великі домішки.

У повітророзподільний канал 6 з нахиленим повітряним потоком під кутом  $\beta$  в камері з сепаруючою поверхнею і у всмоктуючому потоці ворох надходить від бункера 1 та живильного пристрою 2 до решіт 4, де під дією створеного осьовим вентилятором 3 розрідження, видаляються легкі домішки, а сепарація зерна, зернових та великих домішок відбувається на решетах 4, що в подальшому виводиться з машини шнеками 5.

Як і у повітророзподільних каналах з горизонтальним повітряним потоком у каналах з нахиленим повітряним потоком недоліком є його нерівномірність і складність виконання широкого струменя. Якість же виконання технологічного процесу сепарації зернового вороху в значній мірі залежить від концентрації сторонніх домішок [9].



Повітророзподільний канал з вертикальним повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею у нагнітальному (а) і у всмоктуючому потоці (б) представлено на рисунку 6 [9].

Технологічний процес у повітророзподільному каналі з вертикальним повітряним потоком у камері із сепаруючою поверхнею у нагнітальному (а) і у всмоктуючому потоці (б) майже однакові. Але якість очищення від легких і повітровідокремлюючих домішок в камері із нагнітальним потоком в значній мірі буде залежати від подачі і швидкості виведення вороху. Можливо виникне умова, коли повітряний потік не в змозі пронизати сепаруючий шар. В камері із всмоктуючим потоком зерновий шар потрібно подавати з висоти для забезпечення проникнення розрідженого повітря і виділення легких і повітровідокремлюючих домішок.

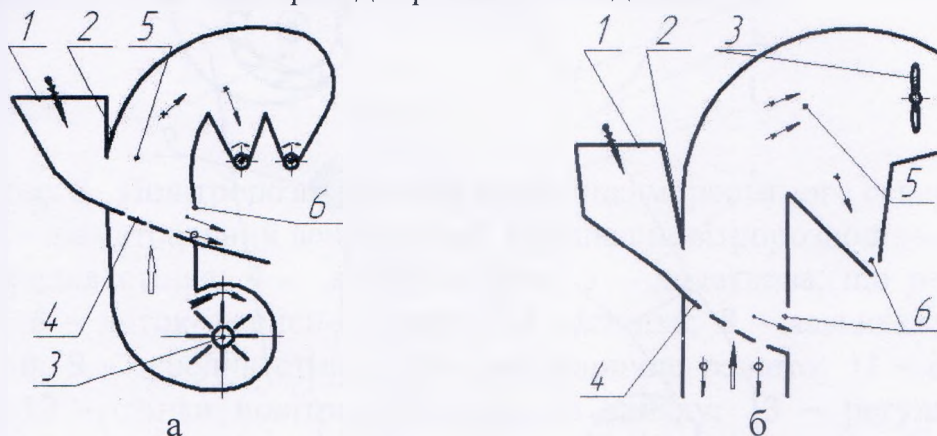










Рис. 6. Повітророзподільний канал з вертикальним повітряним потоком в камері з сепаруючою поверхнею [9].

- |   |                                 |   |                                 |
|---|---------------------------------|---|---------------------------------|
|  | - нагнітаючий повітряний потік; |  | - всмоктуючий повітряний потік; |
|  | - ворох;                        |  | - легкі домішки;                |
|  | - великі домішки;               |  | - подрібнене зерно, бур'яни;    |
|  | - очищене зерно.                |  | - обертання окремих елементів   |

а - у нагнітальному потоці; б - у всмоктуючому потоці; 1 - бункер; 2 - живлячий устрій; 3 - вентилятор; 4 - решето; 5 - повітророзподільний канал; 6 - вивод.

Позитивними якостями повітророзподільних каналів з вертикальним повітряним потоком є те, що повітряний канал є значним, повітряний потік діє більш довгий час і процес сепарації менш підлягає впливу випадку, а, відповідно результати більш стабільні і машини з вертикальним повітряним потоком займають меншу площу, що також важливо при проектуванні.

З класифікації (рис.1.) та досліджень [9], повітророзподільний канал з горизонтальним, похиленим та вертикальним повітряними

потоками у нагнітальному та всмоктуючому потоці мають широке практичне використання і, як правило, такі машини дуже складні за своєю конструкцією, а в умовах її короткострокової дії вони повинні бути ще і ефективними.

Висока ефективність повітряного потоку досягається одночасним використанням нагнітального та всмоктуючого потоків, тобто створенням машин із замкненою повітряною системою.

Для інтенсифікації процесу сепарації використовують лоток-інтенсифікатор [15, 16], де при переміщенні зернового матеріалу по лотку-інтенсифікатору 4 (рис. 7.) і 6 (рис. 8.) відбувається сегрегація фракційного складу і ворох переходить у псевдозріджений стан.

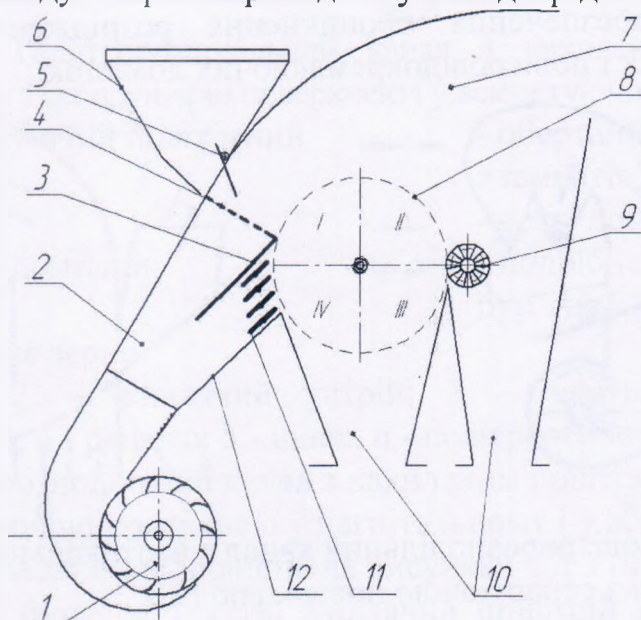


Рис. 7. Повітророзподільний канал пневморешітного сепаратора  
1 - діаметральний вентилятор; 2 - канал повітророзподільний;

3 - середня стінка; 4 - лоток-інтенсифікатор; 5 - заслінка;

6 - бункер; 7 - пневмосепаруюча камера; 8 - циліндричне решето; 9 - очисна щітка; 10 - збірники фракцій очищеного зерна та крупних домішок; 11 - жалюзійні повітророзподільники; 12 - стінка повітряроздавального каналу.

При цьому, соломисті частки переміщуються у верхній шар зернового матеріалу, що поліпшує орієнтацію часток. Підвищення рівномірності зрідження і пористості зернового матеріалу сприяє зменшенню коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя часток, а взаємодія решітної поверхні горизонтального циліндричного решета 8 (рис. 8) з рухливим шаром псевдозріджуваного матеріалу приводить його в аеропульсуючий стан за рахунок сукупного впливу перемичок циліндричного решета і спрямованих струменів повітря, що виходять з отворів лотка-інтенсифікатора 4. Це відбувається внаслідок того, що в зоні лотка-інтенсифікатора псевдозріджуючий шар надходить до циліндричного решета 8 з певною швидкістю.



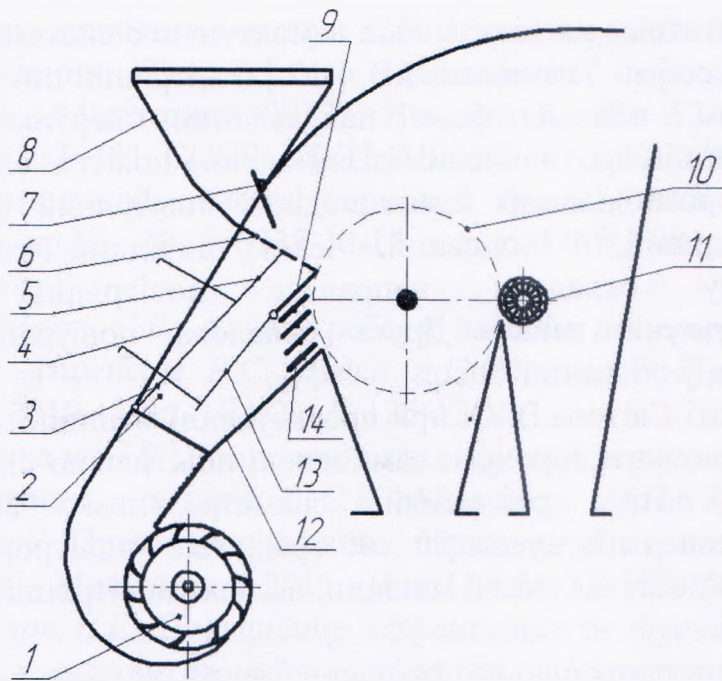


Рис. 8. Повітророзподільний канал пневморешітного сепаратора  
 1 - діаметральний вентилятор; 2 - канал повітророзподільний;  
 3 - середня стінка; 4 - верхня стінка; 5 - додаткова, що регулює стінку; 6 - лоток-інтенсифікатор; 7 - заслінка; 8 - завантажуючий пристрій; 9 - середня стінка; 10 - циліндричне решето; 11 - очисна щітка; 12 - стінка повітророзподільного каналу; 13 - регульована середня стінка; 14 - жалюзійний повітророзподільник.

Аналіз структурно-технологічної схеми експериментальної машини попереднього очищення зерна з замкненою пневматичною системою [ 5 ] та повітророзподільного каналу пневморешітного сепаратора [ 16 ] (рис.7, 8) ], показує, що для забезпечення виконання технологічного процесу сепарації зернового вороху від крупних і повітровідокремлюємих домішок в складі повітророзподільючого каналу досконалим повинно бути додаткове обладнання, в склад якого входить бункер, затвор, живитель та лоток-інтенсифікатор, а також жалюзійний повітророзподільник та середня стінка.

Аналізуючи повітророзподільні канали зерноочисних машин попереднього очищення, у відповідності до представленої класифікації (рис.1.), ми бачимо, що за останні роки суттєво змінилася увага про повітророзподільні канали, пневмосепаруючі канали, а також системи живлення та сепарації. В першу чергу це пов'язано з роботами М.П. Сичугова по створенню і вдосконаленню діаметрального вентилятора [ 10 ].

Класифікацією розглядаються чотири типи повітряних потоків: горизонтальний, вертикальний, похилий і повітряний потік, що



працює у протиток з нагнітальною і всмоктуючою системами.

Так, в роботі Тимофєєва І.В. [ 17 ] повітряний потік, створений діаметральним вентилятором направлений вертикально вниз. Самопересувний ворохоочисник із замкненою повітряною системою і його повітророзподільний канал поділяє повітряний потік на дві складові. Перший, і основний, через підвідний канал і його горизонтальну складову направляє повітряний потік у пневмосепаруючий канал. Друга складова повітряного потоку направляється у обвідний канал.

В роботі Саїтова В.Ю. при проектуванні машини попереднього очищення зернового вороху із замкненою повітряною системою [ 6 ], повітряний потік створений діаметральним вентилятором направлений вниз під кутом 30...40 град. Але повітророзподільний канал, в залежності від схеми машини, поділяє повітряний потік на дві і три складові.

Машина попереднього очищення зерна із замкненої повітряної системи (Одінцов М.І. [ 7 ]), де повітряний потік створений двома діаметральними вентиляторами і працюють як генератори повітряного потоку, направляється вниз під кутом 40...45град. по повітропідводному каналу у пневмосепаруючий канал, де в зоні подання зернового вороху відбувається його інтенсифікація і під зворотнім кутом у 180град. повертається в осадову камеру.

Машина попереднього очищення зерна з замкненої повітряної системи (Куклін С.М. [8]) та її повітророзподільний канал суттєво відрізняється від попередньої схеми Одінцова М.І, що забезпечує роботу пневмосепаруючого каналу при високих питомих зернових навантаженнях.

Робота Кукліна С.М. [ 8 ] по дослідженню експериментальної пневматичної колонки з розімкненою пневмосистемою у відповідності до класифікації мало чим відрізняється від повітророзподільного каналу з вертикальним повітряним потоком в камері із сепаруючою поверхнею і у нагнітаючому повітряному потоці, за винятком використання діаметрального вентилятора.

#### *Висновок:*

Зроблено аналіз пневмосепаруючих систем зерноочисних машин з урахуванням використання діаметральних вентиляторів та проведення удосконалення їх класифікації.

#### Література

1. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України / Є.В. Михайлов Мелітополь: Люкс. - 2012. - 260 с.
2. Михайлов Є.В. Аналіз результатів статистичних

характеристик зернового вороху / *Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов* // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2012. – Вип. 2, т. 3. – С. 57-64.

3. А.с. 1074441 СССР, МКИ А01F12/44; В07В4/08. Сепаратор для предварительной очистки зерновой смеси / *М.В. Киреев, Е.В. Михайлов* [и др.]. - №3486237/30-15 заявл. 31.08.1982, опубл 23.02.1984, Бюл.№7

4. *Михайлов Є.В.* Аналіз роботи засобів попередньої очистки зерна / *Є.В. Михайлов, В.С. Дудка, А.С. Сінніков* // Праці ТДАТУ.- Мелітополь, 2010.- Вип..10,т.2. - С 125-131.

5. *Михайлов Є.В.* До питання класифікації зерноочисних машин та їх повітряних потоків / *Є.В. Михайлов, М.П. Кольцов, О.О. Білокопитов* // Праці таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2011.- Вип.11,т.5. - С. 182-92.

6. *Саитов В.Е.* Повышение эффективности функционирования машины предварительной очистки зернового вороха совершенствованием основных рабочих элементов: автореф. дис... канд. техн. наук / *В.Е. Саитов.* - Л., 1991.-17 с.

7. *Одинцов Н.И.* Совершенствование замкнутых воздушных систем машин предварительной очистки зерна: автореф. дис... канд. техн. наук / *Н.И. Одинцов.* - Л., 1986.-16 с.

8. *Куклин С.М.* Совершенствование технологического процесса пневмосистемы зерноочистительных машин с диаметральной вентилятором- сепаратором: автореф. дис... канд. техн. наук / *С.М. Куклин.* - Л., 1990.-16 с.

9. *Нелюбов А.И.* Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин./ *А.И. Нелюбов, Е.Ф. Ветров.* - М.: Машиностроение, 1977. - 192 с.

10. А.с. 1513212 СССР. Диаметральный вентилятор-аспиратор / *Н. П. Сычугов, А.И. Бурков, Б.Г. Плехов* - №4327083/25-06; заяв. 11.11.87, опубл.07.10.89, Б. И. № 37.

11. Машина предварительной очистки зерна МПО – 50. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. - ПО-50 00.00.000РЭ / Завод «Воронежсельмаш». – Воронеж: 2002. – 32 с.

12. *Ловчиков А.П.* Зерноочистительные машины: учебное пособие./*А.П. Ловчиков, Р.А. Салыхов, Н.А. Кузнецов.* -. Челябинск: ЧГАУ, 2010. - 161 с.

13. *Жолобов Н.В.* Повышение эффективности функционирования воздушных систем зерно- и семяочистительных машин с диаметральной вентилятором: автореф. дис... канд. техн. наук / *Н.В. Жолобов.* - Л., 1989.-16 с.

14. *Алешкин А.В.* Оптимизация параметров процесса сепарации зернового вороха замкнутой воздушной системы фрикционного



пневмокласификатора: автореф. дис... канд. техн. наук / А.В. Алешкин. - Л., 1991.-16 с

15. Михайлов Е.В. Методы и средства интенсификации процесса предварительной очистки зерна повышенной влажности: дис.... канд. техн. наук / Е.В. Михайлов. - Л., 1984.-233 с.

16. Пат. №61469 U Україна, МКПК ВО7В1/28. Решітний сепаратор / Є.В. Михайлов, В.С. Дудка, О.О.Білокопитов, А.В. Перетяцько. – заявл. 23.11.2010; опубл. 25. 07. 2011, Бюл. №14.

17. Тимофеев И.В. Интенсификация процесса сепарации зернового вороха замкнутой малогабаритной пневмосистемой: автореф. дис... канд. техн. наук / И.В. Тимофеев. - Л., 1991.-17 с.

### **АНАЛИЗ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН, И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ КЛАССИФИКАЦИЙ**

Михайлов Е.В., Белокопытов А.А.,  
Задосна Н.О., Сердюк Д.В.

*Аннотация* - в работе представлена классификация и анализ работы пневмосепарирующих систем зерноочистительных машин.

### **ANALYSIS OF ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩИХ СИСТЕМ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИНЫ, AND IMPROVING THEIR CLASSIFICATIONS**

Ye. Mikhaylov, A. Belokopytov,  
N. Zadosna, D. Serdyuk

#### **Summary**

The classification and analysis of pneumoseparating systems of grain cleaners are given in the article.