

УДК. 631.362.3:631.1

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПНЕВМОСЕПАРУЮЧОЇ КАМЕРИ ПНЕВМОРЕШІТНОГО СЕПАРАТОРА

Михайлов Є.В., д.т.н.,

Афанасьєв О.О., асп.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-12-65

Рубцов М.О., к.т.н.

*Мелітопольський державний педагогічний університет*

Волик Б.А., к.т.н.

*Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

Тел. (096) 542-48-18

**Анотація** – в роботі представлено удосконалення пневмосепаруючої камери пневморешітного сепаратора за рахунок обґрунтування геометрії направляючих лопаток, які підвищують ефективність пневмосепарації.

**Ключові слова** – пневмосепарація, направляючі лопатки, ефективність, повітрявідокремлюючі домішки.

*Постановка проблеми.* Принцип повітряної сепарації зерна заснований на розходженні в аеродинамічних властивостях компонентів зернової суміші. Основним показником аеродинамічних властивостей частинок суміші, що визначає її подільність в повітряному середовищі, є швидкість витання. В основу очищення і сортування зерна повітрям покладені відмінності в здатності різних частинок переміщатися в повітряному середовищі з різною відносною швидкістю [1].

Зокрема для очищення зерна від домішок, що відрізняються від основної культури аеродинамічними властивостями (до них відносять щуплі і недорозвинені зерна, плівки, оболонки, частини стебел, полу, пил), застосовують пневматичні сепаратори і аспіратори [2].

Майже у всіх галузях техніки застосовують апарати, технологічний процес яких пов'язаний з переміщенням рідини або газу. Експлуатація таких апаратів показала, що їх розрахункова ефективність досягається не завжди. У багатьох випадках це обумовлено нерівномірним підведенням робочого середовища до робочої зони апарату, а також нерівномірним її розподілом по окремим паралельно включеним апаратам установки. Все це свідчить про важливість удосконалення аеро-

гідродинаміки технологічних апаратів з точки зору забезпечення як рівномірного, так і заданого у допустимих межах нерівномірного розподілу [3].

*Аналіз останніх досліджень.* Направляючі лопатки можуть бути наступних типів (рис.1): профільовані; тонкі, вигнуті по дузі кола; тонкі концентричні [3].

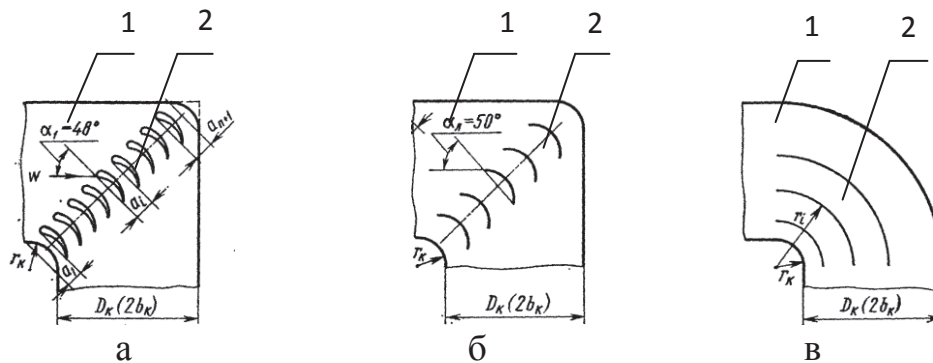


Рис. 1. Схеми колін з направляючими лопатками:  
1 – коліно; 2 – лопатки направляючі; а – профільовані;  
б – тонкі, вигнуті по дузі кола; в – тонкі концентричні

Закруглення кромки повороту коліна (рис.1, а, б) значно знижує відрив потоку  $W$  та покращує розподіл швидкостей [4]. Вихрова зона, в основному, виникає при обтіканні внутрішньої кромки повороту, тому найбільш ефективний спосіб попередити її виникнення – заокруглення цієї кромки. Також на структуру потоку впливає зріз зовнішньої кромки повороту, але у меншому ступені. Тому для покращення аеродинамічних характеристик поворотних ділянок потрібно заокруглювати обидві кромки.

Також використовують коліна з плавним переходом (рис 1, в), в яких зовнішня стінка представляє собою заокруглення. Такі коліна мають ще менший аеродинамічний опір за рахунок зменшення вихрових зон.

Розподіл швидкості в поворотній ділянці можливо покращити не тільки заокругленням або зрізом кромки повороту, але й встановленням направляючих лопаток, яким часто віддають перевагу, при застосуванні яких можливо знизити розміри установки. У цьому випадку можливо регулювання швидкостей по перетину  $D_k (2b_k)$  [3].

При використанні профільованих лопаток (рис.1, б) розподіл швидкостей в коліні досить рівномірний, знижується вихороутворення у поворотній ділянці та за нею. Опір коліна зменшується при зменшенні відносного радіусу заокруглення  $r_k$  [3]

$$\bar{r}_k = r_k / 2b_k, \quad (1)$$

де  $r_k$  – радіус заокруглення коліна;

$2b_k$  – ширина коліна ( $2b_k$  – для прямокутного перетину;  $D_k$  – для круглого).

Тонкі лопатки, зігнуті по дузі кола (рис.1, б), також досить ефективні з точки зору розподілу швидкостей, хоча коефіцієнт опору коліна з такими лопатками помітно вище коефіцієнта опору коліна з профільованими лопатками [3].

При розташуванні в коліні тонких концентричних лопаток (рис.1, в) з'являється ще й ефект його розчленування на ряд більш вузьких і витягнутих по висоті відводів з великим відносно радіусом заокруглення  $\bar{r}_k$ . При правильному виборі форми, розмірів, кількості  $n$  і кута установки лопаток  $\alpha_{л}$ , а також відстані між ними  $a_i$  повністю усувається можливість відриву потоку  $W$  від стінок і пов'язане з ним вихроутворення. В результаті досягається рівномірний розподіл швидкостей за поворотом з різким зниженням опору коліна [3].

Коліна з різкими кутами повороту та без направляючих апаратів для транспортування пиловидних матеріалів не використовуються, тому що на зовнішніх кутових елементах осідає пил. При цьому підвищується опір та знос системи.

Наглядне уявлення про картину течії повітряного потоку всередині поворотного каналу дають експериментальні данні І.Е. Ідельчика [3]. Методика оцінки впливу нерівномірності розподілу швидкостей на ефективність роботи промислових агрегатів описано в роботі [4].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Підвищення ефективності процесу пневмосепарації шляхом удосконалення пневмосепаруючої камери пневморешітного сепаратора.

*Основна частина.* Пневморешітний сепаратор [5] має жалюзійний повітрярозподільник, стінку середню рухома, стінку задню рухома, жалюзі, лоток-інтенсифікатор, циліндричне решето, очисну щітку, бункер та пневмосепаруючу камеру.

В основу удосконалення пневмосепаруючої камери поставлена задача встановлення направляючих лопаток (рис.2), за допомогою яких можливо досягнути оптимальних параметрів розподілу повітряного потоку, що підвищить ефективність пневмосепарації [6].

Робочий процес сепаратора здійснюється наступним чином.

Повітряний потік направляється до жалюзійного повітрярозподільника 1, де рухома середньою стінкою 2 та рухома задньою стінкою 2 перерозподіляється до жалюзі 4 або до лотка-інтенсифікатора 5. Зерновий ворох, що надійшов до лотка-інтенсифікатора 5 з бункера 7, під дією повітряного потоку переводиться у псевдозріджений стан, за рахунок чого пил, полова, збоїна та деякі великі домішки, що мають значно більшу площу опору, а також легкі і повітрявідокремлювані

домішки переміщуються у верхній шар, а повноцінне зерно і дрібні важкі домішки - в нижній. Великі домішки відокремлюються решетою 5, поверхня якого очищується щіткою 9. Зерно та дрібні важкі домішки просипаються крізь решето. Крупні домішки (солома, недомолочений колос та інші) за рахунок обертання циліндричного решета переміщуються в зону щіткового очисника 9. Повітряний потік проходить крізь лоток-інтенсифікатор 5 та циліндричне решето 6, підхоплює легкі і повітрявідокремлювані домішки, переміщується до пневмосепаруючої камери 10 та рівномірно розподіляється по перетину направляючими лопатками 8.

Ступінь рівномірності розподілу швидкостей в дуже великій мірі залежить від  $\alpha_{л}$  кута встановлення (атаки) лопатки. При неправильному виборі кута  $\alpha_{л}$  поле швидкостей може значно спотворитися.

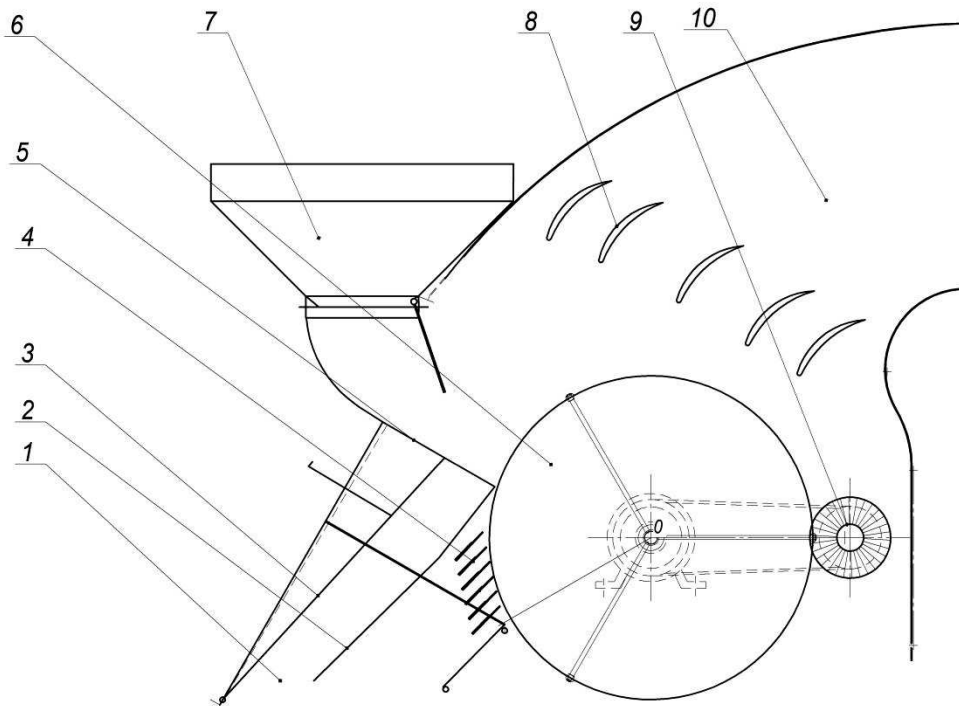


Рис. 2. Схема конструктивно-технологічна пневмосепаруючої камери:

- 1 – жалюзійний повітрярозподільник; 2 – стінка середня рухома;
- 3 – стінка задня рухома; 4 – жалюзі; 5 – лоток-інтенсифікатор;
- 6 – циліндричне решето; 7 – бункер; 8 – направляючі лопатки;
- 9 – щітка очисна; 10 – пневмосепаруюча камера

Для вирівнювання поля швидкостей і зниження опору необхідно перш за все знищити вихрові області. Очевидно, що найбільший ефект виходить при установці лопаток у зоні найбільшого вихороутворення,

тому число лопаток у місцях рівномірного розподілу поля швидкостей можна зменшити [7].

У тому випадку, коли особливо важливо отримати рівномірний розподіл швидкостей безпосередньо після повороту, кількість лопаток приймають «нормальною» [8]

$$n_{\text{норм}} = 2.13 (r_k/b)^{-1} - 1, \quad (2)$$

де  $n_{\text{норм}}$  – «нормальна» кількість лопаток;

$b$  – ширина коліна;

$r_k$  – радіус заокруглення.

Хорда  $t_1$  (рис.3) профільованої лопатки приймається як хорда дуги окружності, тобто рівною дузі внутрішнього закруглення коліна, отже

$$t_1 = r_k \sqrt{2}. \quad (3)$$

Проміжні відстані між лопатками визначаються за формулами [7]:

$$a_i = 0.67 \frac{S}{n+1} \left(1 + \frac{i-1}{n}\right); \quad (4)$$

$$S = \sqrt{(b_0^2 + b_1^2)}, \quad (5)$$

де  $a_i$  – відстань між лопатками;

$n$  – кількість лопаток;

$S$  – коефіцієнт розширення коліна;

$b_0$  – ширина коліна до розширення;

$b_1$  – ширина коліна після розширення.

Згідно з результатами дослідів [9] при оптимальній кількості лопаток співвідношення має наступне значення

$$a_{n+1}/a_1 = 2, \quad (6)$$

де  $a_{n+1}$  – відстань між останньою лопаткою та зовнішньої стінкою коліна;

$a_1$  – відстань від внутрішньої стінки до першої лопатки.

При розміщенні лопаток в коліні з закругленими краями повороту відстань до першої лопатки відраховують від дотичної до внутрішнього закруглення коліна, а відстань від зовнішньої лопатки – від дотичної до зовнішнього заокруглення.

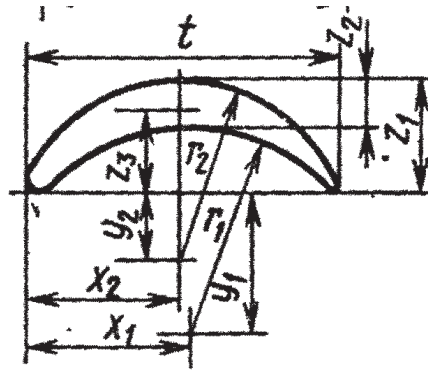


Рис. 3. Схема побудови профільованої направляючої лопатки

Профіль направляючої лопатки (рис.3) будується по розмірам наведеним у таблиці 1, у якій представлені позначення та відносні розміри профільованої направляючої лопатки [12].

Таблиця 1 – Позначення та відносні розміри профільованої направляючої лопатки

Назва	Позначення	Відносні розміри
Хорда лопатки	$t_1$	1.0
Координата абцисс радіусу заокруглення зовнішньої дуги лопатки	$x_1$	$0.519t_1$
Координата абцисс радіусу заокруглення внутрішньої дуги лопатки	$x_2$	$0.489t_1$
Радіус заокруглення внутрішньої дуги лопатки	$r_1$	$0.663t_1$
Радіус заокруглення зовнішньої дуги лопатки	$r_2$	$0.553t_1$
Координата ординат радіусу заокруглення зовнішньої дуги лопатки	$y_1$	$0.463t_1$
Координата ординат радіусу заокруглення внутрішньої дуги лопатки	$y_2$	$0.215t_1$
Висота лопатки	$z_1$	$0.139t_1$
Ширина лопатки	$z_2$	$0.338t_1$
Висота центра лопатки	$z_3$	$0.268t_1$

При правильному виборі розмірів, числа та кута встановлення лопаток можливо попередити відрив потоку від стінки та появу вихорів у пневмосепаруючій камері.

*Висновки.* Удосконалення пневмосепаративної камери пневморешітного сепаратора можливо за рахунок встановлення в пневмосепаруючу камеру профільованих направляючих лопаток. Це підвищить ефективність пневмосепарації за рахунок більш рівномірного розподілу поля швидкостей по перетину пневмосепаруючої камери.

#### Література:

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

2. *Идельчик И.Е.* Справочник по гидравлическим сопротивлениям / *И.Е. Идельчик*; под ред. к.т.н. М.О. Штейнберга // 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

3. *Идельчик И.Е.* Методы оценки влияния степени неравномерности распределения скоростей потока на эффективность работы промышленных аппаратов / *И.Е. Идельчик* // Теплоэнергетика. – 1962. – № 5, С. 73-76.

4. *Идельчик И.Е.* Аэрогидродинамика технологических аппаратов. (Подвод, отвод и распределение потока по сечению аппаратов) / *И.Е. Идельчик* // М.: Машиностроение, 1983. – С. 38.

5. Пат. № № 94716 U Україна, МПК В07В1/28. Пневморешітний сепаратор / *Є.В. Михайлов, Н.А. Задосна, О.О. Білокопитов.*- № u2014 06765; заявл.16.06.2014; опубл. 25.11.2014, Бюл.№ 22.

6. *Михайлов Є.В., Афанасьєв О.О., Задосна Н.А.* Удосконалення пневмосепаруючої камери пневморешітного сепаратора із замкненою повітряною системою / *Є.В. Михайлов, О.О. Афанасьєв, Н.А. Задосна* // Вісник Сумського національного аграрного університету. Наукове фахове видання - Суми, 2016. – Вип.10, т. 2. – С. 96 - 99.

7. *Михайлов Є.В., Задосна Н.А., Білокопитов О.О.* Удосконалення пневморешітного сепаратору зернового вороху / *Є.В. Михайлов Є, Н.А. Задосна, О.О. Білокопитов* // Науковий журнал «Інженерія природовикористання» Наукове фахове видання. Харків, 2015, №1(3) с. 61-63

8. *Бурков А.И., Сычугов Н.П.* Зерноочистительные машины: Конструкция, исследования, расчёт и испытания. / *А.И.Бурков, Н.П.Сычугов* // Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 258 с.

9. А. с. 1074441 СССР, МКИ А01 F12/44, В07В7/12. Сепаратор для предварительной очистки зерновой смеси / М. В. Киреев, Е. В. Михайлов, Л. И. Ерошенко, А. С. Подоплелов, Н.П. Сычугов, Ф. Н.

Эрк, А.С. Матвеев. №3486237/30 - 15; заявл. 1.08.82; опубл. 23.02.84, Бюл. №7.

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

11. Михайлов Є.В., Білокопитов О.О., Кольцов М.П. Аспекти методики визначення параметрів повітряного потоку в пневмосистемі машини попереднього очищення зерна / Є.В. Михайлов, О.О. Білокопитов, М.П. Кольцов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету – Вип. 11, Т. 1 – Мелітополь: ТДАТУ, 2010.-С.242-250.

12. Идельчик И.Е. Направляющие лопатки в коленах аэродинамических труб / И.Е. Идельчик // Технические заметки ЦАГИ. – 1936. – №133, С. 25.

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПНЕВМОСЕПАРИРУЮЩЕЙ КАМЕРЫ ПНЕВМОРЕШЕТНОГО СЕПАРАТОРА**

Михайлов Є.В., Афанасьєв О.О., Рубцов М.О., Волик Б.А.

**Аннотація** – в роботі представлено удосконалення пневмосепаруючої камери пневморешетного сепаратора за рахунок обґрунтування геометрії направляючих лопаток, підвищуючих ефективність пневмосепарації.

## **IMPROVING AIR SEPARATION CHAMBER OF THE PNEUMATIC SIEVE SEPARATOR**

E. Mikhailov, O. Afanasiev, M. Rubtsov, B. Volyk

### ***Summary***

**The paper presents the improvement of the air separating chamber of the pneumatic sieve separator due to the substantiation of the geometry of the guide vanes, which increase the efficiency of air separation.**