

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ЗБІРНИК  
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

*XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди  
117-ї річниці від дня народження  
доктора технічних наук, професора,  
віцепрезидента УАСГН  
КРАМАРОВА  
Володимира Савовича  
(1906-1987)*

**«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

*22-23 лютого 2024 року  
м. Київ*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. 505 с.

Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 117th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 22–23, 2024, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2024. 505 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

УДК 631.362.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІННОЇ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ В ПНЕВМОСЕПАРУЮЧИХ КАНАЛАХ

**С. П. СТЕПАНЕНКО**, д.т.н., с.н.с.,

*Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва  
Національної академії аграрних наук України,*

**Б. І. КОТОВ**, д.т.н., професор,

*Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»,*

**Р. А. КАЛІНІЧЕНКО**, к.т.н.,

*ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»,*

Як відомо, якість очищення зернового матеріалу багато в чому залежить від точності встановлення швидкості  $v_{\text{п}}$  повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі. В основному для регулювання зміни швидкості повітряного потоку в каналах застосовують глухі поворотні заслінки, які досить прості у виготовленні.

Поворотні заслінки також регулюють витрати повітря, які залежить від особливості роботи генератора повітряного потоку і опору аспіраційної системи пневмосепаратора. Аеродинамічні властивості вентилятора визначаються залежно від повного тиску  $P_0$  та від витрат повітря  $Q$ . Повний тиск від дії повітряного потоку йде на подолання опору аспіраційної системи пневмосепаратора [1-4]:

$$0,5\rho f_s \left( \frac{v_{\text{п}}^2}{g} \right) \quad (1)$$

де  $\rho$  - щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>;

- коефіцієнт опору аспіраційної системи пневмосепаратора;

- глибина пневмосепаруючого каналу, м;

- ширина пневмосепаруючого каналу, м.

Рівняння (1) моделює роботу заслінки в аспіраційній системі пневмосепаратора, як видно з даного рівняння, лівайого частина залежить від типу та параметрів вентилятора, а права частина - від конструкційних особливостей аспіраційної системи та заслінки.

Модель роботи рівняння розглянуто на прикладі експериментальної установки, що відрізняється за габаритними розмірами від пневмосепаратора тільки шириною  $b_{\text{пск}}$  пневмосистеми. В якості генератора повітряного потоку в даній роботі використано вентилятор, аеродинамічна характеристика якого визначена рівнянням [3]:

$$P_9 = 440,7 + \frac{2,6}{Q^2} \quad (2)$$

Вираз (2) вибрано з кількох типів функцій, які найбільш близькі до експериментальних даних. Коефіцієнт опору аспіраційної системи пневмосепаратора визначався із залежності [4-6]:

$$f_s = f_{\text{тр.ст}} \frac{L_{\text{ас}}}{L_y} + f_3 + f_{3.м} \quad (3)$$

Коефіцієнт  $f_{\text{тр.ст}}$  залежить від  $Re$  - числа Рейнольдса, яке в свою чергу залежить від швидкості  $\vartheta_{\text{п}}$  повітряного потоку. Для чисельних розрахунків параметрів аспіраційної системи візьмемо наступні вихідні дані: глибина пневмосепаруючого каналу  $h_{\text{пск.1}} = 0,24$  м, ширина  $b_{\text{пск}} = 0,2$  м, з еквівалентним розміром каналу  $L_y = 0,05$  м, з довжиною  $L_{\text{ас}} = 3,2$  м і шорсткістю стінок каналу для сталі  $\Delta_{\text{тр.ст}} = 0,15 - 0,22$  [5-7], з урахуванням вище викладеного, можна отримати залежність коефіцієнта  $f_{\text{тр.ст}}$  від числа Рейнольдса  $Re$ .

Для визначення коефіцієнта  $f_{\text{тр.ст}}$  знайдемо число Рейнольдса, яке можливо визначити за формулою [7-8]:

$$Re = \frac{\vartheta_{\text{п}} d_e}{\nu} \quad (4)$$

де  $\nu$  - кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря,  $\nu = \mu/\rho$ , м<sup>2</sup>/с;  
 $\mu$  - динамічна в'язкість повітря, кг/(м·с).

Згідно з роботами [3-7] динамічну в'язкість  $\mu$  повітря в дуже широкому діапазоні тисків можна вважати не залежною від тиску  $P_9$ , а залежною тільки від температури потоку повітря  $t_{\text{п}}$ . При цьому для наближених розрахунків можна користуватися формулою:

$$\mu = \mu_0 \left[ \frac{t_{\text{п}} + 273}{273} \right]^{0,75} \quad (5)$$

де  $\mu_0$  - динамічна в'язкість повітря при  $t_{\text{п}} = 0^\circ \text{C}$ ,  $\mu_0 = 17 \cdot 10^{-6}$  Н с/м<sup>2</sup>.

За нормальної температури повітря  $t_{\text{п}} = 20^\circ \text{C}$  його густина  $\rho = 1,3$  кг/м<sup>3</sup> тоді з виразу (5),  $\mu = 17,93 \cdot 10^{-6}$  кг/(м·с), а кінематичний коефіцієнт в'язкості повітря  $\nu = 13,79 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с. Тоді згідно з рівнянням (5) при повністю відкритій заслінці і швидкості  $\vartheta_{\text{п}}$  повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі 9 - 12 м/с, що відповідає  $f_{\text{тр.ст}} = 0,02$ .

Після даного визначення можна чисельно оцінити коефіцієнт  $f_{3.м}$ , використовуючи рівняння (4), в якому  $Q$  визначається швидкістю повітряного потоку  $\vartheta_{\text{п}}$ , а  $f_3 = 0,1$ , що відповідає кути заслінки  $0^\circ$ , за таких умов  $f_{3.м} = 4,42$ . Тоді рівняння (3) з урахуванням знайдених коефіцієнтів набуде вигляду:

$$441 + 2,6 \cdot Q^{-2} = 217,4 [64 \cdot f_{\text{тр.ст}}(Q) + f_3(\alpha_{\text{зл}}) + 4,42] \cdot Q^2 \quad (6)$$

Оскільки  $f_{\text{тр.ст}}$  залежить від числа Рейнольдса  $Re$ , а значить і від витрат повітря  $Q$ , рішення рівняння будемо шукати методом половинного ділення. У результаті обчислень отримаємо залежність витрати повітря  $Q$  в пневмосепаруючому каналі від кута повороту заслінки  $\alpha_{3Л}$ , встановленої в каналі аспіраційної системи пневмосепаратора.

Одним із шляхів вирішення даного питання є застосування нових оригінальних конструкцій регулювальних заслінок, так наприклад, якщо глуха поворотна заслінка є перфорованою (жалюзійною). За умови коли перфорована заслінка перекриває повітряний канал ( $\alpha_{3Л} = \alpha_{\text{max}}$ ), її можна розглядати як решітку (жалюзійну решітку) в повітряному потоці при цьому коефіцієнт опору такої решітки визначається за формулою [5-8]:

$$f_3 = \mu_3^{-2} \left[ \left( \frac{1-\chi_{\text{ж}}}{\chi_{\text{ж}}} \right)^2 + (1 - \mu_3)^2 \right] \sin \alpha_{\text{max}} \quad (7)$$

де  $\chi_{\text{ж}}$  - коефіцієнт стиснення струменя при проходженні через жалюзійну решітку,  $\chi_{\text{ж}} = 0,6 + 0,04/(1,1 - \mu_3)$ .

Тому можливо спостерігати покрокову зміну відносних витрат повітря  $\mu_{\Pi}$  варіюванням спочатку параметра  $\alpha_{3Л}$ , а потім  $l_{\Pi}$ , що забезпечує більш гладке регулювання швидкості повітря  $\vartheta_{\Pi}$  в каналі за рахунок наближення до лінійної залежності.

#### Список використаних джерел

1. 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, 24(1), p.225-235. <https://doi:10.5513/JCEA01/24.1.3732>
2. Котов Б. І., Степаненко С. П., Калініченко Р. А., Рудь А. В., Грушецький С.М. Визначення характеристик руху зерна за наявності сил сухого тертя і опору середовища. Механізація та електрифікація сільського господарства: [Загальнодержавний збірник]. – 2022. - Вип. №15 (114). / [ННЦ-ІМЕСГ"]. – Глеваха, 2022. – С. 81-87. <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2022-15-9>
3. Степаненко С. П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: автореф. дис...д-ра. техн. наук: 05.05.11. Глеваха, 2021. 50 с.
4. 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, *Przegląd Elektrotechniczny* 1 (2023), 100-104. <https://doi:10.15199/48.2023.01.19>
5. Степаненко С. П., Котов Б. І. Математичне моделювання процесу фракціонування зернового матеріалу у пневмогравітаційному сепараторі. *Вісник Львівського національного аграрного університету «Агроінженерні дослідження»*. – Львів: ЛНАУ, 2021. – Вип. №25 (2021). – С.12-20. <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.012>
6. Степаненко С. П., Котов Б. І., Калініченко Р.А. Дослідження руху

частинок зернового матеріалу у вертикальному каналі за умов дії пульсацій повітряного потоку. *Сільськогосподарські машини. Вип. 47. ЛНТУ, Луцьк, 2021.* – С. 25-37. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.619>

7. Stepanenko S.P. Scientific foundations of the movement of components of grain material with an artificially formed distribution of air velocity / S.P. Stepanenko, B.I. Kotov, Spirin A.V., Kucheruk V.Yu. // *Вестник Карагандинского университета Серия «Физика».* № 1(105)/2022. – р. 43-57. <https://doi.org/10.31489/2022PH1/43-57>

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