

УДК 631.362.3

**О.В. Нестеренко, асист., С.М. Лещенко, доц., канд. техн. наук, Д.І. Петренко, доц., канд. техн. наук, С.Я. Гончарова, доц., канд. фіз.-мат. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

*E-mail: petrenko.dimitriy@gmail.com*

**Ю.В. Мельник, доц., канд. техн. наук**

*Державний аграрний університет Молдови, м. Кишинів, Молдова*

## Дослідження безконтактного руху легких домішок у вертикальному пневмосепаруючому каналі

В статті розглянуто безконтактний рух легких частинок в вертикальному ПСК при їх багаторівневому одношаровому введенні. При прийнятих допущеннях отримані закономірності безконтактного руху легких частинок в ПСК, які дозволяють визначити раціональні параметри живильного пристрою. В результаті теоретичного аналізу визначено час перебування легких частинок в ПСК при їх безконтактному русі та зону їх виділення під час розділення зернової суміші повітряним потоком.

**розділення зернової суміші, сепарація, повітряний потік, зерновий матеріал, пневмосепаруючий канал (ПСК), рух легких частинок**

**А.В. Нестеренко, асист., С.Н. Лещенко, доц., канд. техн. наук, Д.І. Петренко, доц., канд. техн. наук, С.Я. Гончарова, доц., канд. фіз.-мат. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, г. Кропивницький, Україна*

**Ю.В. Мельник, доц., канд. техн. наук**

*Государственный аграрный университет Молдовы, г. Кишинев, Молдова*

**Исследование бесконтактного движения лёгких примесей в вертикальном пневмосепарирующем канале**

В статье рассмотрено бесконтактное движение лёгких частиц в вертикальном ПСК при их многоуровневом однослойном введении. При принятых допущениях получены закономерности бесконтактного движения лёгких частиц в ПСК, которые позволяют определить рациональные параметры питающего устройства. В результате теоретического анализа определено время пребывания лёгких частиц в ПСК при их бесконтактном движении и зону их выделения при разделении зерновой смеси воздушным потоком.

**разделение зерновой смеси, сепарація, воздушный потік, зерновий матеріал, пневмосепаруючий канал (ПСК), движение зерновых частиц**

**Постановка проблеми.** Раціональне використання повітряного потоку під час розділення зернової суміші є однією з основних задач в пневмосепарації. При цьому, необхідним є забезпечення відповідної якості очищення зі збільшенням продуктивності зерноочисних машин (ЗОМ). В більшості випадків це стосується пневмосистем ЗОМ, які мають значно нижчі показники питомої продуктивності, ніж у решітної. Тому вдосконалення та розробка нових конструкцій пневмосистем є важливою і актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема вивчення закономірностей поведінки зернового матеріалу в повітряному потоці й досі залишається не повністю вивченою, оскільки цей процес носить стохастичний характер і є взаємозалежним від багатьох факторів.

Теоретичними дослідженнями пневмосепарації займалось багато вчених [1-5], але при цьому недостатньо уваги приділено умовам введення зернової суміші в пневмосепараційний канал (ПСК). Як показують дослідження [6], значна частина площі поперечного перерізу ПСК працює неефективно внаслідок нерівномірного розподілення зернового матеріалу, через що погіршується ефективність сепарації на 20% і продуктивність на 25%.

Одним із ефективних способів вирішення цієї проблеми є застосування багатоструменевого введення зернового матеріалу. Автором [7] обґрунтовано ефективність утворення зернових струменів, які формують зернові мікроканали при введенні матеріалу у похилий канал, що сприяє зменшенню аеродинамічного опору суміші та вирівнюванню швидкісного поля повітряного потоку. Але при значному підвищенні питомої продуктивності збільшується товщина зернових струменів, що негативно впливає на якісні показники процесу сепарації.

В роботі [8] розглянуто питання раціональної подачі зернової суміші в повітряний потік. Визначені умови, при яких забезпечується мінімально необхідний розподіл зернової суміші по площі перерізу ПСК. Але при цьому, відсутній аналіз руху зернових часток в означених умовах, що не дозволяє аналітично оцінити та використати його для подальших досліджень.

За результатами теоретичного аналізу в роботі [9] обґрунтовано раціональну щільність часток при введенні матеріалу в ПСК, отримано умови, при яких забезпечується максимально можлива подача без зниження ефективності процесу в залежності від показників введення в повітряний потік.

В роботі [10-11] авторами доводиться необхідність розшарування зернового матеріалу при введенні з метою збільшення площі його контакту з повітряним потоком, особливо при підвищенні питомого навантаження на ПСК.

На основі аналізу вище приведених досліджень було проведено аналітичне дослідження руху зернових часток в вертикальному ПСК при їх однорівневому одношаровому введенні [12]. Отримані теоретичні залежності дозволяють знайти раціональні конструктивно-технологічні параметри ПСК та визначити час перебування зернової частки в зоні дії повітряного потоку.

Але постає питання дослідження взаємодії легких домішок з повітряним потоком та зерною фракцією в умовах багатшарового введення матеріалу до ПСК.

**Постановка завдання.** Враховуючи недостатнє аналітичне дослідження процесу пневмосепарації зернового матеріалу при його багатшаровому русі в ПСК, є необхідним встановлення закономірностей взаємодії повітряного потоку із легкими домішками при їх безконтактному польоті в ПСК.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо багаторівневий потік зернової суміші, тобто потік, в якому шари (зернові, домішок) в ПСК знаходяться один над одним з певним інтервалом і мають однакові кінематичні характеристики.

Відповідно, одна частина легких домішок під час розділення буде контактувати з зерновими частками, а інша буде рухатись без контакту з зерном. Розглянуто переміщення останніх при потраплянні до ПСК.

Для аналізу об'єкту досліджень приймаємо наступні припущення:

- шари зернового матеріалу в ПСК не перемішуються;
- усереднені зернина і домішка мають форму кулі однакового розміру;
- маса окремо взятої усередненої зернини набагато більша маси усередненої домішки;
- об'ємний вміст домішок не перевищує 10%;
- зерновий матеріал та домішки рівномірно розташовані в потоці кожного шару.

При русі домішок в повітряному потоці на них діють сила ваги  $P = m_\delta g$ , сила інерції  $m_\delta a$  і сила опору повітря  $F_{on.\delta}$ :

$$m_\delta a + P + F_{on.\delta} = 0, \quad (1)$$

де  $m_\delta$  – маса домішки;

$a$  – прискорення частки.

Сила опору повітря пропорційна квадрату швидкості:

$$F_{on.\delta} = -|V|V m_\delta k_\delta, \quad (2)$$

де  $V = (\dot{x}, \dot{y} - V_n)$  – вектор швидкості руху домішки відносно повітряного потоку;

$k_\delta$  – коефіцієнт парусності домішки.

В проекціях на осі системи ОХУ рівняння руху частки має вигляд:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -\sqrt{\dot{x}^2 + (\dot{y} - V_n)^2} \dot{x} k_\delta, \\ \ddot{y} = -g - \sqrt{\dot{x}^2 + (\dot{y} - V_n)^2} (\dot{y} - V_n) k_\delta. \end{cases} \quad (3)$$

Горизонтальна складова швидкості домішки змінюється в межах 0,5 – 0,6 м/с, тому при великій швидкості повітряного потоку ( $V_n = 8$  м/с), маємо:

$$|V| = \sqrt{\dot{x}^2 + (\dot{y} - V_n)^2} \approx |V_n - \dot{y}| = V_n - \dot{y} \quad (4)$$

і рівняння (3) приймають вигляд:

$$\begin{cases} \ddot{x} = -(V_n - \dot{y}) \dot{x} k_\delta, \\ \ddot{y} = k_\delta [(V_n - \dot{y})^2 - V_{e.\delta}^2] / V_n, \end{cases} \quad (5)$$

де  $V_{e.\delta} = \sqrt{\frac{g}{k_\delta}}$  – швидкість витання домішок.

Понизимо порядок рівнянь зробивши заміни  $\dot{x} = u, \dot{y} - V_n = v$ :

$$\begin{cases} \dot{u} = v u k_\delta, \\ \dot{v} = v^2 - V_{e.\delta}^2. \end{cases} \quad (6)$$

Розв'яжемо друге рівняння системи (6). Розділяємо змінні

$$\frac{1}{k_\delta} \frac{dv}{V_{e.\delta}^2 - v^2} = -dt \quad (7)$$

і інтегруємо:

$$\frac{1}{2k_\delta V_{e.\delta}} \ln \left| \frac{v + V_{e.\delta}}{v - V_{e.\delta}} \right| = -t + C_1^*, \quad (8)$$

де  $C_1^*$  – постійна інтегрування.

Нехай  $C_1^* = \frac{\ln C_1}{2\sqrt{gk_\delta}}$ ,  $C_1 > 0$ , тоді, згідно [12, С. 18, рівність (10)] виражаємо

змінну  $v$

$$v = \begin{cases} -\frac{(1-C_1 e^{-2\sqrt{gk_\delta}t})}{1+C_1 e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} V_{\delta,0} & \text{при } V_{\delta,0} - V_n + \dot{y} > 0, \\ -\frac{(1+C_1 e^{-2\sqrt{gk_\delta}t})}{1-C_1 e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} V_{\delta,0} & \text{при } V_{\delta,0} - V_n + \dot{y} \leq 0. \end{cases},$$

або

$$v = -\frac{1-C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}}{1+C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} V_{\delta,0}, \quad (9)$$

де

$$C_1^{(q)} = \begin{cases} C_1 & \text{при } V_{\delta,0} - V_n + \dot{y} > 0, \\ -C_1 & \text{при } V_{\delta,0} - V_n + \dot{y} \leq 0. \end{cases} \quad (10)$$

Робимо зворотню заміну  $v = \dot{y} - V_n$ :

$$\dot{y} = -\frac{1-C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}}{1+C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} V_{\delta,0} + V_n. \quad (11)$$

Інтегруючи останнє рівняння, отримуємо:

$$y = -V_{\delta,0} \int \frac{1-C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}}{1+C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} dt + V_n t + C_2,$$

де  $C_1^{(q)}, C_2$  – постійні інтегрування.

Враховуючи те, що:

$$\int \frac{1-ae^x}{1+ae^x} dx = x - 2 \ln|1+ae^x|, \quad a \in R \quad (12)$$

маємо

$$y = \frac{V_{\delta,0}}{2\sqrt{gk_\delta}} \left( -2\sqrt{gk_\delta}t - 2 \ln|1+C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}| \right) + V_n t + C_2,$$

або

$$y = (V_n - V_{\delta,0})t - \frac{1}{k_\delta} \ln|1+C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}| + C_2. \quad (13)$$

Постійні інтегрування  $C_1^{(q)}, C_2$  знаходимо з граничних умов

$$y(0) = y_0, \dot{y}(0) = \dot{y}_0. \quad (14)$$

З (11), (13), (14) отримуємо:

$$y_0 = -\frac{1}{k_\delta} \ln|1+C_1^{(q)}| + C_2, \dot{y}_0 = -\frac{1-C_1^{(q)}}{1+C_1^{(q)}} V_{\delta,0} + V_n,$$

або

$$C_1^{(q)} = \frac{V_{\delta,0} - V_n + \dot{y}_0}{V_{\delta,0} + V_n - \dot{y}_0}, C_2 = y_0 + \frac{1}{k_\delta} \ln \frac{2V_{\delta,0}}{V_{\delta,0} + V_n - \dot{y}_0}. \quad (15)$$

Підставивши (15) в (11), (13), отримуємо

$$\dot{y} = -\frac{\frac{V_{\delta,0} + V_n - \dot{y}_0}{V_{\delta,0} - V_n + \dot{y}_0} - e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}}{\frac{V_{\delta,0} + V_n - \dot{y}_0}{V_{\delta,0} + V_n - \dot{y}_0} + e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} V_{\delta,0} + V_n, \quad (16)$$

$$y = (V_n - V_{e,d})t - \frac{1}{k_\delta} \left( \ln \left| 1 + \frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t} \right| - \ln \frac{2V_{e,d}}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0} \right) + y_0. \quad (17)$$

З (17) можна знайти час підйому домішки на задану висоту. Так, наприклад, на висоту  $h$  домішка підніметься за час  $T_h$ , який є розв'язком рівняння:

$$h = (V_n - V_{e,d})T_h - \frac{1}{k_\delta} \left( \ln \left| 1 + \frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0} e^{-2\sqrt{gk_\delta}T_h} \right| - \ln \frac{2V_{e,d}}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0} \right) + y_0. \quad (18)$$

Переміщення частки по горизонталі знайдемо, розв'язавши перше рівняння системи (6). Підставимо вираз (10) в перше рівняння системи (6)

$$\dot{u} = -k_\delta \frac{1 - C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}}{1 + C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} V_{e,d} u. \quad (19)$$

Інтегруємо

$$\ln u = -k_\delta V_{e,d} \int \frac{1 - C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}}{1 + C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t}} dt + \ln C_3,$$

де  $C_3 > 0$  – постійна інтегрування. Враховуючи (12), маємо

$$\ln u = -\frac{k_\delta V_{e,d}}{-2\sqrt{gk_\delta}} \left( -2\sqrt{gk_\delta}t - 2 \ln \left| 1 + C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t} \right| \right) + \ln C_3,$$

або

$$u = C_3 \frac{e^{-\sqrt{gk_\delta}t}}{\left| 1 + C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t} \right|} \quad (20)$$

Робимо зворотню заміну ( $u = \dot{x}$ ) і розділяємо змінні

$$dx = C_3 \frac{e^{-\sqrt{gk_\delta}t}}{\left| 1 + C_1^{(q)} e^{-2\sqrt{gk_\delta}t} \right|} dt$$

Інтегруємо і отримуємо

$$x = \begin{cases} \frac{-C_3}{\sqrt{gk_\delta}} \frac{1}{2\sqrt{C_1}} \ln \left| \frac{1 + \sqrt{C_1} e^{-\sqrt{gk_\delta}t}}{1 - \sqrt{C_1} e^{-\sqrt{gk_\delta}t}} \right| + C_4 & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y} > 0, \\ \frac{-C_3}{\sqrt{gk_\delta}} \frac{1}{\sqrt{C_1}} \arctg \left( \sqrt{C_1} e^{-\sqrt{gk_\delta}t} \right) + C_4 & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y} \leq 0. \end{cases}, \quad (21)$$

де  $C_4$  – постійна інтегрування.

Постійні інтегрування  $C_3, C_4$  знаходимо з граничних умов:

$$x(0) = x_0, \dot{x}(0) = \dot{x}_0. \quad (22)$$

З (20)-(22) маємо:

$$\begin{cases} \dot{x}_0 = \frac{C_3}{\left| 1 + C_1^{(q)} \right|}, \\ x_0 = \begin{cases} \frac{-C_3}{\sqrt{gk_\delta}} \frac{1}{2\sqrt{C_1}} \ln \left| \frac{1 + \sqrt{C_1}}{1 - \sqrt{C_1}} \right| + C_4 & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 > 0, \\ \frac{-C_3}{\sqrt{gk_\delta}} \frac{1}{\sqrt{C_1}} \arctg \sqrt{C_1} + C_4 & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 \leq 0. \end{cases} \end{cases} \quad (23)$$

З останньої системи з врахуванням (див. (10), (16)) маємо

$$C_1 = \begin{cases} \frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0} & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 > 0, \\ -\frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0} & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 \leq 0, \end{cases} \quad (24)$$

Отримуємо

$$C_3 = \frac{2V_{e,d}\dot{x}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0},$$

$$C_4 = \begin{cases} x_0 + \frac{\dot{x}_0}{k_\delta \sqrt{V_{e,d}^2 - (V_n - \dot{y}_0)^2}} \ln \frac{V_{e,d} + \sqrt{V_{e,d}^2 - (V_n - \dot{y}_0)^2}}{V_n - \dot{y}_0} & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 > 0, \\ x_0 + \frac{2\dot{x}_0}{k_\delta \sqrt{(V_n - \dot{y}_0)^2 - V_{e,d}^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{V_n - \dot{y}_0 - V_{e,d}}{V_n - \dot{y}_0 + V_{e,d}}} & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 \leq 0. \end{cases} \quad (25)$$

Підставивши (23), (25) в (22) маємо

$$x = \begin{cases} x_0 - \left\{ \ln \frac{\left| e^{\sqrt{gk_\delta t}} + \sqrt{\frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0}} \right|}{\left| e^{\sqrt{gk_\delta t}} - \sqrt{\frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0}} \right|} - \right. \\ \left. - \ln \frac{V_{e,d} + \sqrt{V_{e,d}^2 - (V_n - \dot{y}_0)^2}}{V_n - \dot{y}_0} \right\} \frac{\dot{x}_0}{k_\delta \sqrt{V_{e,d}^2 - (V_n - \dot{y}_0)^2}} & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 > 0, \\ x_0 - \left\{ \operatorname{arctg} \left( \sqrt{-\frac{V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0}{V_{e,d} + V_n - \dot{y}_0}} e^{-\sqrt{gk_\delta t}} \right) - \right. \\ \left. - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{V_n - \dot{y}_0 - V_{e,d}}{V_n - \dot{y}_0 + V_{e,d}}} \right\} \frac{2\dot{x}_0}{k_\delta \sqrt{(V_n - \dot{y}_0)^2 - V_{e,d}^2}} & \text{при } V_{e,d} - V_n + \dot{y}_0 \leq 0. \end{cases} \quad (26)$$

З рівності (26) можна знайти час  $T_{ЛПСК}$ , за який домішка пройде канал глибиною  $L_{ПСК}$ .

На рис. 1 представлені графічні залежності траєкторії безконтактного руху легких часток та попередньо встановлені траєкторії зернових фракцій [12] при розділенні зернової суміші в ПСК згідно їх коефіцієнтів парусності, які для легких домішок знаходяться в межах  $0,55 \leq k_\delta \leq 2$ , а для зернової фракції –  $k_3 = 0,075 \dots 0,14$ .

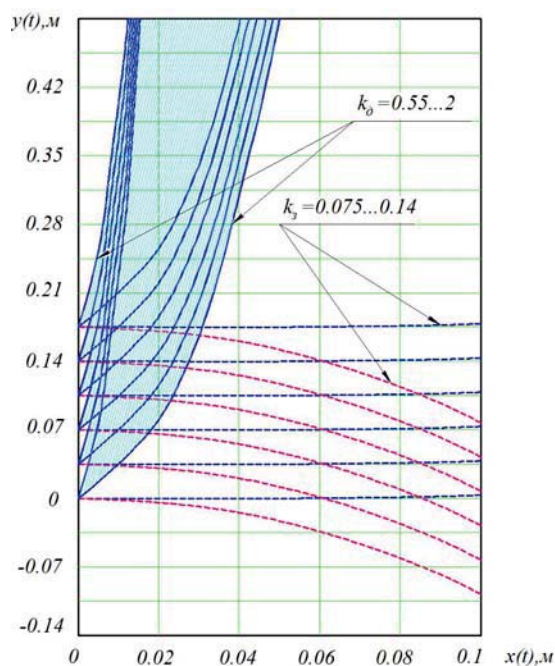


Рисунок 1 – Траєкторії польоту зернових фракцій та легких часток при безконтактному польоті через зернові шари при багаторівневому введенні матеріалу за умов: початкова швидкість введення в ПСК  $v_g = 0,5$  м/с, швидкість повітряного потоку  $V_{ном} = 8,5$  м/с, міжрівнева відстань  $h_{м.р.} = 0,035$  м, кут введення в ПСК  $\alpha_g = 0^\circ$ ; кількість рівнів  $n = 6$

Аналіз графічних залежностей показує, що легкі домішки з нижнього рівня, які не мають контакту з зерновими частками, що рухаються в вище розташованих шарах, в залежності від їх коефіцієнта парусності, виділяються вже до середини ПСК. При цьому, перетинають лінію найвищого зернового шару (при кількості рівнів  $n = 6$ ) на відстані  $L_{ПСК} = 0,03$  м.

Це говорить про те, що значна частина легких домішок, виділившись до третини глибини ПСК в осадову камеру, не впливають на зміну концентрації зернової суміші, і, відповідно, на якість процесу сепарації. При цьому, по траєкторіях польоту домішок видно, що вони, незалежно від рівня введення, виділяються практично в одній зоні. Так, для домішок з коефіцієнтом парусності  $k_\delta = 0,55$  зміщення траєкторії по осі  $x$  відбувається в межах  $0,04 \dots 0,05$  м, а для домішок з  $k_\delta = 2$  зміщення траєкторії відбувається в межах  $0,012 \dots 0,016$  м.

**Висновки.** На основі проведеного теоретичного аналізу встановлена закономірність взаємодії легких частинок зернової суміші з повітряним потоком при безконтактному польоті з багаторівневим одношаровим розміщенням зернового матеріалу в ПСК. Встановлено, що при безконтактному русі легких домішок в ПСК, незалежно від рівня введення, зона їх виділення знаходиться в інтервалі  $0,015 \dots 0,05$  м в залежності від їх коефіцієнтів парусності.

Метою подальших досліджень повинно бути встановлення контактної взаємодії легких домішок, зернової суміші та повітряного потоку при багатшаровому розміщенні матеріалу в ПСК.

## Список літератури

1. Котов Б. І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів [Текст] / Б. І. Котов, С. П. Степаненко, М. Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград. – 2003. – Вип. 33. – С. 53–59.
2. Васильковський О.М. Підвищення ефективності повітряного очищення зерна [Текст] / О.М. Васильковський, Д.І. Петренко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 35. – Кіровоград : КНТУ, 2005. – С. 286–288.
3. Интенсификация процесса аэродинамического разделения зерновых материалов : дис... д-ра техн. наук : специальность 05.20.01 [Текст] / В. Л. Злочевский ; Алт. политехн. ин-т им. И. И. Ползунова, [Всероюз. акад. с.-х. наук им. В. И. Ленина. Сиб. отд-ние, Сиб. науч.-исслед. ин-т механизации и электрификации сел. хоз-ва]. – Барнаул, 1985. – 496 с.
4. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание [Текст] / А.И. Бурков, Н.П. Сычгов. – Киров : Изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
5. Ямпиров С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян [Текст] / С.С. Ямпиров. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 262 с.
6. Тищенко Л.Н. Интенсификация сепарирования зерна [Текст] /Л.Н.Тищенко. – Харьков: Основа. – 2004. – 224 с.
7. Лещенко С.М. Обґрунтування алгоритму функціонування інерційно-прямоточних зерноочисних машин [Текст] / С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, М.І. Васильковський, Д.І. Петренко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – Вип. 24, ч.1 — С. 176-181.
8. Тавтилов И.Ш. Совершенствование процесса работы пневмосепаратора за счет рациональной подачи зерновой смеси в воздушный поток : автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.20.01 „Технологии и средства механизации сельского хозяйства” [Текст] / Ильфат Шайдуллович Тавтилов ; Челябинский государственный агроинженерный университет. – Челябинск, 2008. – 22 с.
9. Котов Б.І. Аналітичні дослідження раціональної подачі зернової суміші в аспіраційний канал пневмовідцентрових сепараторів [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків, 2010. – Вип. 103. – С. 54-61.
10. Васильковський М.І. Дослідження роботи пневмосепаруючого каналу на фізичній моделі [Текст] / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, О.В.Нестеренко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград, 2006. – Вип.17. – С. 44–48.
11. Нестеренко О.В. Дослідження якісних показників пневмосепарації при багаторівневому введенні зерна [Текст] / О.В. Нестеренко, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 32. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. – С. 143-151.
12. Nesterenko O. Analytical study of separation efficiency of grain in vertical pneumatic separating channel [Text] / O. Nesterenko, S. Leschenko, D. Petrenko, S. Noncharova // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Вип. 45, ч.1 – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 14-20.

**Olexandr Nesterenko, Assis., Sergiy Leshchenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Dmytro Petrenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Svitlana Goncharova, Assoc. Prof., PhD phys. & math.**

*Kirovohrad National Technical University, Kropivnitskiy, Ukraine*

**Yuriy Melnik, Assoc. Prof., PhD tech. sci.,**

*State Agrarian University of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova*

#### **Research contactless movement of light impurities in the vertical pneumatic separating channel**

Rational use of air flow during the separation of the grain mix is one of the main problems in pneumatic separation. Thus, it is necessary to ensure appropriate quality cleaning performance while increasing grain cleaning machines (GCM). In greater degree it concerns pneumatic GCM, who have somewhat lower rates than specific performance sieve. Therefore, improvement and development of new pneumatic structures is an important and urgent task.

Taking into account the insufficient analytical scrutiny process at pneumatic separation multilayer material in grain movement pneumatic separating channel (PSC) is necessary tasks to establish patterns of airflow interaction with light impurities during their flight in contactless PSC.



As a result of analytical study examined contactless movement of light impurities when entering multi-grain single layer material, ie flow, in which crops are layers PSC each other with a certain interval and have the same kinematic characteristics.

Based on the theoretical analysis established pattern of interaction of light particles of grain mixture with air flow during flight of contactless multi-grain placing a single layer of material in PSC.

Established that the contactless movement of light impurities in the PSC, regardless of the input area of selection is in the range 0.015 ... 0.05 m, depending on their coefficient of sails.

The goal of future research should be to establish contact interaction of light impurities from the grain mixture and air flow in the multilayer material placed in the PSC.

**separation of grain mix, separation, air flow, grain material, pneumatic separating channel (PSC), traffic light impurities**

Одержано 10.11.16

**УДК 621.923.74:621.921.34**

**В.Я. Ошовський, доц., канд. техн. наук**

*Первомайський політехнічний інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, м.Первомайськ, Україна*

*E-mail: oshovskyvik@mail.ru*

## Підвищення ресурсу колінчастого валу алмазно-дисульфідмолібденовою приробкою поверхонь тертя

Проаналізована дія на ресурс спряження «шийка колінчастого валу – бабітові вкладиші» недостатньої геометричної і механічної якості поверхонь та збільшення зазору при обкатуванні. Запропонована приробка поверхонь тертя алмазно-дисульфідмолібденовим шаржуванням, яке зменшує до початку нормальної експлуатації шорсткість, геометричні погрішності форми і розташування поверхонь, коефіцієнт тертя та зазор в спряженні. Така обробка попереджує появу задирок і прихватів на поверхні спряження та підвищує зносостійкість без втрати здатності до релаксаційних змін відповідно до дії сил, пов'язаних з геометричними погрішностями поверхонь.

Проведені випробування підтверджують, що цей метод значно підвищує ресурс спряження.  
**колінчастий вал, приробка, шаржування, алмазна паста, дисульфід молібдену**

**В.Я. Ошовский, доц., канд. техн. наук**

*Первомайский политехнический институт Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, г.Первомайск, Украина*

**Повышение ресурса коленчатого вала алмазно-дисульфидмолибденовой приработкой поверхностей трения**

Проанализировано действие на ресурс сопряжения «шейка коленчатого вала – бабитовые вкладыши» недостаточного геометрического и механического качества поверхностей и увеличения зазора при обкатке. Предложена приработка поверхностей трения алмазно-дисульфидмолибденовым шаржированием, которая уменьшает до начала нормальной эксплуатации шероховатость, геометрические погрешности формы и расположения поверхностей, коэффициент трения и зазор в сопряжении. Такая обработка предупреждает появление задиров и прихватов на поверхности сопряжения и повышает износостойкость без утраты способности к релаксационным изменениям соответственно к действию сил связанных с геометрическими погрешности поверхностей.

Проведенные испытания подтверждают, что этот метод значительно повышает ресурс сопряжения.

**коленчатый вал, приработка, шаржирование, алмазная паста, дисульфид молибдена**