

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 ПРОЦЕСУ ПНЕВМОВІДЦЕНТРОВОГО СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНОВИХ МАТЕРІАЛІВ

С. П. СТЕПАНЕНКО, д.т.н., с.н.с.,
В. О. ШВИДЯ, к.т.н., ст. дослідник;
В. А. МЕЛЬНИК, аспірант;

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

В сепаруючій зоні пневмовідцентрового сепаратора зернових матеріалів в залежності від їх аеродинамічних та фізико-механічних властивостей розподіляються по трьом вимірам простору [1-3], причому за рахунок постійного зустрічного в радіальному напрямку і супутнього в тангенціальному напрямку повітряного потоку зернова суміш піддається більш довгому впливу повітряного потоку на частинки, що сприяє підвищення чіткості їх сортування за аеродинамічними та іншими властивостями.

Рух зернової суміші по поверхні горизонтального диска моделюється диференціальними рівняннями руху частинки в полярній системі координат [2-4]:

$$\begin{cases} \ddot{r} - \rho(\omega - \dot{\varphi})^2 = -f_1 \frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{\rho}^2 + \rho^2 \dot{\varphi}^2}}, \\ \ddot{\varphi} - 2\dot{\rho}(\omega - \dot{\varphi}) = -f_2 \frac{\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{\rho}^2 + \rho^2 \dot{\varphi}^2}}, \end{cases} \quad (1)$$

де ω - кутова швидкість обертання диска;

- радіальна координата - відстань від осі обертання диска до частинки;

- кутове переміщення частинки в її відносному русі по поверхні диска; %

f_1 - коефіцієнт тертя частинки по поверхні диска;

g - прискорення земного тяжіння.

Початкові умови рішення системи рівнянь (1) при $t=0$; $\dot{\rho}=v_0$; $\dot{\varphi}=0$.
Кінцевою умовою є досягнення частинкою поточної радіальної координати $\rho = r_d$.

Диференціальні рівняння абсолютного руху частинки при абсолютній кутовій швидкості будуть мати вигляд [2-3]:

$$\begin{cases} m(\ddot{\rho} - \rho\dot{\theta}^2) = -N_\rho - F_\rho \\ m(2\dot{\rho}\dot{\theta} + \rho\ddot{\theta}) = F_\theta \\ m\ddot{z} = N_z - F_z - mg \end{cases}, \quad (2)$$

Під дією відцентрових сил інерції обертального руху ротора частинки насінневої суміші притискаються до поверхонь секцій, і за рахунок радіально-колових коливань, ваги і тиску повітряного потоку переміщуються по певним траєкторіям. Продування шару суміші повітряним потоком знижує сили тертя між частинками суміші. У результаті впливу коливань і повітряного потоку шар насіння приводиться у псевдозріджений стан, при якому відбувається інтенсивне перерозподілення частинок по товщині шару в залежності від їх фізико-механічних властивостей. Якщо частинки попередньо вирівняні по розмірах та формі, то розподілення їх у такому шарі відбувається по густині.

У результаті частинки з різною густиною переміщуються по різних траєкторіях і розподіляються вздовж завантажувальної кромки сепаруючої секції так, що на доріжки нижнього кільцевого транспортера надходить насіння з найбільшою густиною (фракція III), у верхній — насіння з найменшою густиною (фракція I), а в середній сходять проміжна фракція насіння II. Фракції насіння скребками вивантажуються за межі машини у лотки. У результаті роботи машини вихідна насіннева суміш розділяється по густині на декілька фракцій.

При розробці механіка-математичної моделі руху частинок суміші по внутрішній сепаруючій поверхні пневмовідцентрового сепаратора, який характеризує процес розділення цієї суміші, використовувалися закони динаміки матеріальної точки, а диференціальні рівняння складались з врахуванням та використанням методики розробки механіко-математичних моделей різних процесів сільськогосподарської техніки академіка П.М. Василенка.

Враховуючи приведенне вище, сепаруюча поверхня пневмовідцентрового сепаратора прийняті як абсолютно тверді тіла рис. 1.

Так як абсолютна швидкість частинки рівна векторній сумі відносної і переносної швидкостей, то відносна швидкість частинки:

$$v_r = \sqrt{\dot{\rho}^2 + (\omega_2 - \dot{\alpha})^2 \rho^2 + \dot{z}^2}, \quad (3)$$

де $\dot{\rho}=v_{rp}$, $(\omega_2 - \dot{\alpha})\rho=v_{ra}$ і $\dot{z}=v_{rz}$ - проекції відносної швидкості на відповідні осі координат.

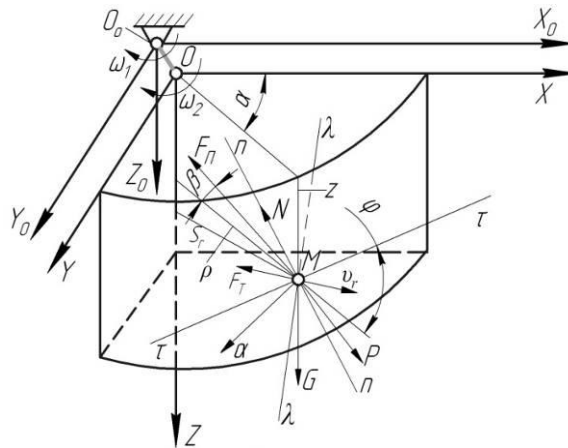


Рисунок 1 Схема дії сил на частинку насінневої суміші, яка знаходиться на сепаруючій поверхні пневмовідцентрового сепаратора

Для частинок насінневої суміші при надходженні їх на ділянку циліндричної сепаруючої поверхні в прийнятій системі координат $Oz\rho\alpha$ рух моделюється системою диференціальних рівнянь [3-5]:

$$\begin{cases} m(\ddot{\rho} - \dot{\rho}\alpha^2) = -N_{\text{ц}} \sin \varphi - F_T \frac{\dot{\rho}}{v_r} + P \cos(\omega_1 t - \alpha) - F_{\text{п}} \cos \beta \\ m(2\dot{\rho}\dot{\alpha} - \dot{\rho}\alpha^2) = -N_{\text{ц}} \cos \varphi + F_T \frac{(\omega_2 - \dot{\alpha})\rho}{v_r} + P \sin(\omega_1 t - \alpha) - F_{\text{п}} \sin \beta \\ m\ddot{z} = G - F_T \frac{\dot{z}}{v_r}; \end{cases} \quad (4)$$

Із зменшенням величини сили притискування частинки до поверхні, коли нормальна реакція досягає значення $N=0$, настає умова початку відриву її від сепаруючої поверхні і процес руху частинки в прийнятій системі координат моделюється спрощеною системою диференціальних рівнянь.

Рух частинки з відносним відривом від сепаруючої поверхні проходить до того часу, поки координата ρ менша координати точки сепаруючої поверхні $\rho_{\text{п}}$, яка знаходиться на координатній осі $O\rho$. Якщо $\rho = \rho_{\text{п}}$ і $N > 0$, то частинка знаходиться на сепаруючій поверхні.

В прийнятій системі координат із врахуванням параметрів відносного руху сепаруючої поверхні і частинок [5-7]:

$$\rho_{\text{п}} = \rho_0 e^{ctg\varphi(\omega_2 t - \alpha)}, \quad (5)$$

де ρ_0 - радіус початкової координати сепаруючої поверхні виконаної в поперечному перерізі у вигляді логарифмічної спіралі і координати частинки в початковий момент її руху.

Список використаних джерел

1. Adamchuk, V., Bulgakov, V., Gadzalo, I. et al., 2021: Theoretical study of vibrocentrifugal separation of grain mixtures on a sieveless seed-cleaning machine. In: Rural Sustainability Research, vol. 46(341), pp. 116-124. <https://doi.org/10.2478/plua-2021-0023>
2. Aliiev, E., Gavrilenko, A., Tesliuk, H. et al., 2019: Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. In: Acta Periodica Technologica, vol. 50, pp. 12-22. <https://doi.org/10.2298/apt1950012a>

3. Bakum M., Kharchenko S., Kovalyshyn S. et al., 2022: Identification of parameters of the separation process of safflower seed material on sieves. In: Journal of Physics: Conference Series, vol. 2408: 012013 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2408/1/012013>

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. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: автореф. дис...д-ра. техн. наук: 05.05.11. Глеваха, 2021. 50 с.

6. 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>

7. 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>