

The machine can be recommended as part of technological lines for post-harvest processing of seed mixtures of safflower for dyeing.

separation, separation, cleaning, vibrating seed cleaning machine, parameters, seeds, properties, quality, safflower dye

Одержано (Received) 20.05.2023

Прорецензовано (Reviewed) 26.05.2023

Прийнято до друку (Approved) 29.05.2023

UDC 631.362.3

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).2.90-97](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).2.90-97)

Oleksandr Nesterenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksii Vasytkovskyi**, Prof., PhD tech. sci., **Ruslan Kisilov**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

e-mail: nov_78@ukr.net

Areas of Improvement of Feeding Devices for Pneumatic Separation Channels

Despite a significant degree of improvement of modern pneumatic separators, the method of feeding grain material into the channel remains an important issue today. The article provides an overview of feeding devices, their classification, and the design which is aimed at improving the interaction of the grain mixture with the air flow in the working area of separation. Promising directions for improving feeding devices of vertical pneumatic separating channels are outlined. On the basis of the review, the importance of practical application of additional technical means that contribute to the layering of the grain mixture both before entering and in the working area of the pneumatic separation channel is determined.

pneumatic separation, pneumatic separation channel (PSC), air flow, feeder, grain material

Problem statement. Grain mixture received from the field contains a significant amount of impurities of organic and mineral origin, weed seeds, etc. In many cases, the moisture content of impurities significantly exceeds the moisture content of the grain and significantly affects its further processing and storage [1].

When such impurities enter the pneumatic separation channel, they are usually located in the middle or lower layers of the grain flow, which significantly impairs the possibility of their further separation into the sedimentation chamber.

This problem is significantly aggravated with an increase in the specific load and, accordingly, an increase in the thickness of the layer of grain material fed into the pneumatic separation channel [2].

Under such conditions, the structure of the air flow velocity deteriorates in the pneumatic separation channel. That is, in the grain inlet zone, an increase in airflow resistance is created due to the significant density of the grain layer, which has not yet had time to stratify. Accordingly, under such conditions, the intensity of separation in the inlet zone is minimal. A similar situation is observed in the grain outlet zone, where the grain, cleaned of light impurities, flows down the back wall of the channel, thus creating a damper for the air flow [2, 3, 4].

In the centre of the pneumatic separation channel, on the contrary, the grain flow is created that is too dilute, which causes an increase in the air flow velocity significantly above the average value. This leads to the removal of full grain into the sedimentation chamber, thus worsening the quality of separation performance [2, 4].

Therefore, in order to increase the efficiency of grain separation, especially with high humidity and high contamination, it is necessary to create conditions under which the grain material is distributed as evenly as possible in the separation zone, and all components of the mixture have the same conditions for effective separation.

Statement of the task. The purpose of this study is to determine promising areas for improving and practical application of feeding devices for pneumatic separation channels to improve the efficiency of pneumatic separators in real conditions.

Main material. One of the ways to more evenly load the working area of the separation, which contributes to the levelling of the air flow velocity, is the use of feeding devices of pneumatic separation channels. Such devices should provide conditions under which grain is fed into the air flow in a thin layer [5, 6].

This can significantly improve the interaction of the components of the grain mixture with the air flow, improving the separation conditions, as well as significantly reduce their collision and increase the efficiency of the air flow [5-7].

Therefore, by creating such separation conditions and achieving a uniform supply of grain material, it is possible to obtain a significantly levelled field of air flow velocities in the separation working area, improve the quality indicators and overall technological efficiency of the separator.

At the same time, feeding devices used in pneumatic separators that ensure a uniform supply of grain material must meet the following requirements [8]:

- the design and velocity mode of their operation should ensure uniform grain feeding over the entire area of the separation zone;
- the velocity mode of the feeding device is selected taking into account the forces acting on the grain material in the area of contact with the elements of the feeding device, which ensures minimal grain damage and a rational flight path;
- the design parameters and operating modes of the feeder should be such as to ensure the required qualitative and quantitative performance of the pneumatic separator;
- the drive power of the feeder should be as low as possible.

In practice, roller, paddle, belt, aeration, disc, gravity and vibratory feeders are used, the classification of which is shown in Fig. 1.

Straight belt feeders do not allow acceleration of the grain material to the required velocity due to the aerodynamic resistance of the air medium. As a result, the velocity of movement of heavy components relative to the air does not exceed the velocity of their hovering and a batch feed occurs [9].

The fan feeder is designed to provide the grain material components with the required airflow velocity before they enter the stationary air environment. One of its main disadvantages is its low efficiency, since a significant length of air channel is required to accelerate heavy material components; otherwise the components will fly out of the feeder at the velocity significantly lower than the air flow rate in the pipe [10].

Roller feeders consist of two rollers rotating at the same velocity in opposite directions. The advantages of such feeders include compactness and simplicity of design. The disadvantages include the tendency to damage grain and deviations from the required feeding velocity in case of overloading.

Paddle feeders have a number of significant advantages over other feeders (simplicity of design, technological and structural reliability, and small overall dimensions). Therefore, this type of feeder is often used in the pneumatic separation channels of grain cleaning machines. Such feeders can throw grain material components into both moving and stationary air flow. However, the disadvantage of this type of feeder is that it feeds the grain material in portions rather than in a continuous stream, which affects the structure of the air flow.

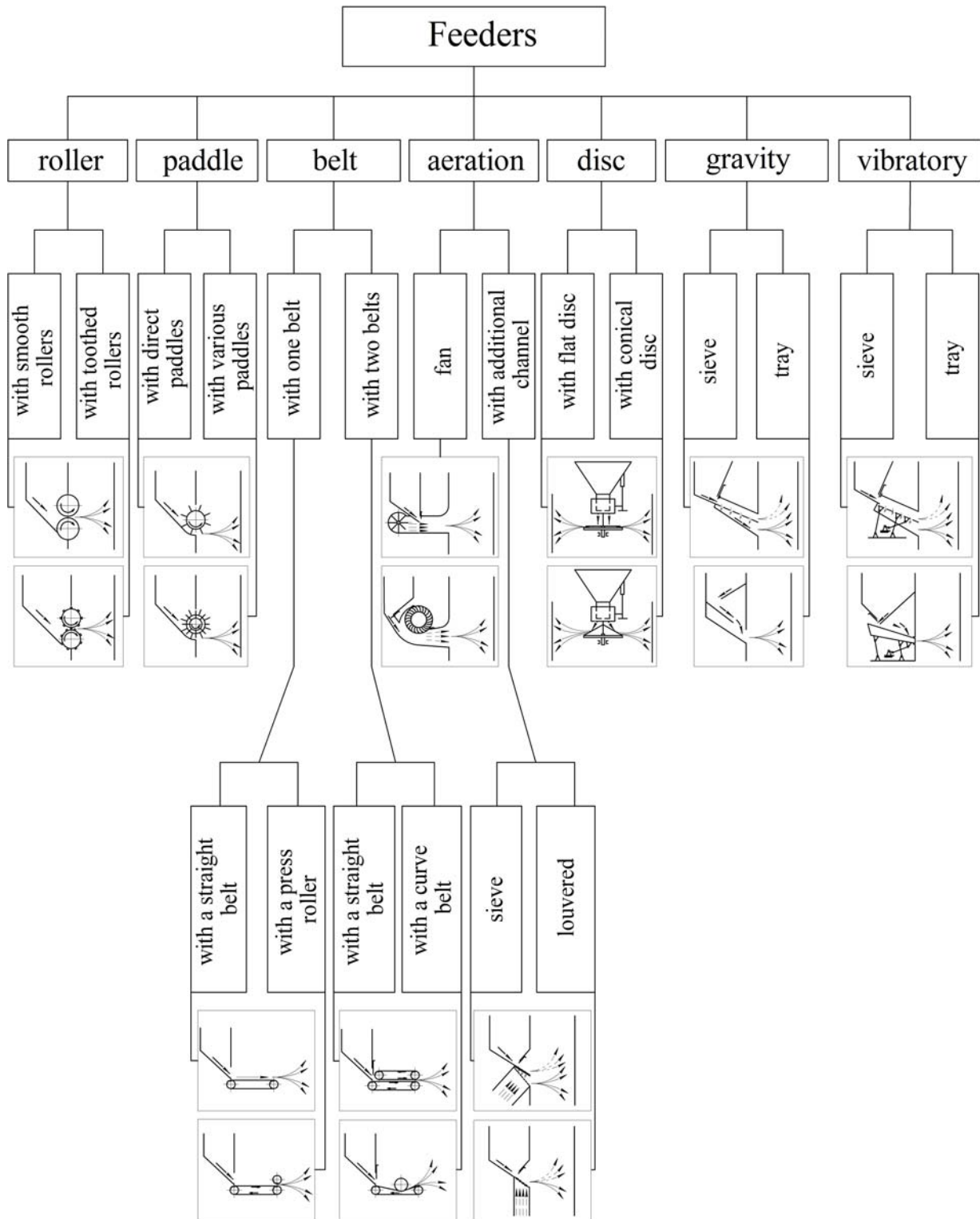


Figure 1 – Classification of pneumatic separator feeders

Source: own research

Vibratory feeders are also widely used in the pneumatic channels of grain cleaning machines. The authors of [11] developed a step-type vibrating tray in which the grain material is distributed according to its physical and mechanical properties before entering the pneumatic channel. Thus, large impurities rise to the upper layers, and the main grain to the lower ones. Studies of this type of feeder have confirmed its effectiveness.

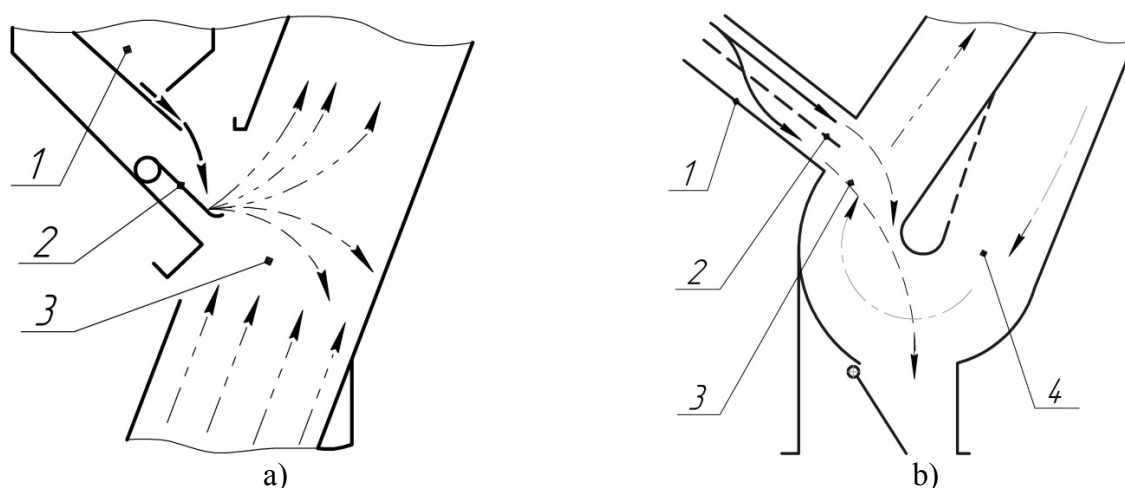
The use of aeration types of feeders makes it possible to significantly improve the distribution of grain material when it enters the pneumatic channel [10, 12]. Due to this, the grain mixture is placed in accordance with its aerodynamic properties. This allows the lighter fraction to be higher above the heavier fraction, which increases the likelihood of a clear separation of the fractions. Accordingly, the use of aeration types of feeders significantly improves the structure of the air flow and contributes to the quality of separation.

However, the main disadvantage of all active feeders, including aeration feeders, is the need for additional power supply. They also require the use of fans and electric motors, which increases the energy intensity of separation and the complexity of the design.

Gravity feeders are the most widely used due to their simplicity and reliability. One of the most common examples of such a feeder is the introduction of grain material along an inclined tray [4].

The pneumatic system of the Petkus K-560 grain cleaner [13] uses an adjustable valve as a gravity feeder (Fig. 2, a). Before entering the pneumatic separation channel, the grain material falls freely near the inlet. Hitting the surface of the valve, grain particles with different elastic properties enter the channel with different trajectories and velocities. This creates a lower density and increases the interaction of the particles with the air flow.

There is an example of the use of a sieve-type gravity feeder in the pneumatic separation channel of the MPO-50 grain cleaning machine (Fig. 2, b). Due to the application of such a feeder, heavy fraction spills through the sieve, and large impurities are located in the pneumatic channel above the main grain [14].



1 - hopper; 2 - feeding device; 3 - pneumatic separating channel; 4 - air channel

Figure – 2 Gravity feeders: a - Petkus K-560; b - MPO-50

Source: own research

This makes it possible to remove large impurities without hindrance and significantly improves the uniformity of grain distribution in the pneumatic separation channel.

When substantiating the parameters of the pneumatic system of the MZPI-10 grain cleaning machine, the use of multi-jet whiteners was proposed [15]. They form jets of grain flow that form air microchannels when the material is introduced into an inclined channel (Fig. 3, a). This helps to reduce the aerodynamic drag of the mixture and levelling the velocity of the air flow. This design is also quite simple in practical application and does not require significant changes in the design of the grain cleaning machine.

One of the promising areas of intensification of the separation process is the use of feeding devices with grain flow separation in the vertical plane. An example of this is a feeder for multi-level grain input [8, 16].

This design of the feeder ensures separation of grain material into several streams of limited capacity. They enter different working zones along the height of the pneumatic separation channel and allow for even distribution of the material in the separation zone. This helps to reduce airflow resistance in the grain inlet and outlet zones and to level the velocity curve.

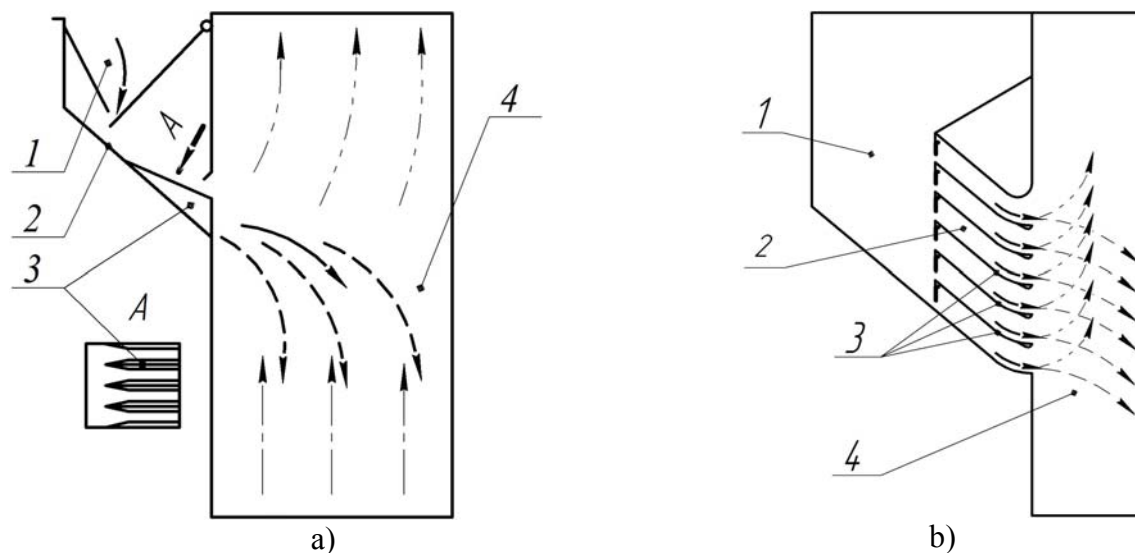


Figure 3 – Gravity feeders: a - feeder for multi-jet grain input; b - feeder for multi-level grain input
Source: own research

The results of experimental studies [17] confirm that the use of the proposed design of this type of feeder can reduce the resistance to air flow by 1.8-2 times. In case of increasing its uniformity in the separation zone, and improving the conditions for removing light impurities, which will increase the efficiency of air separation compared to other existing analogues.

Thus, based on the above review, it can be concluded that increasing the intensification of pneumatic separation is largely possible by creating optimal conditions for the interaction of grain material with the air flow. This can be achieved through the rational introduction and distribution of grain material in the working area of the pneumatic separation channel, which helps to reduce the likelihood of collisions of grain particles and reduce the resistance to air flow in the inlet area. As a result, the velocity is levelled and the probability of separation of light impurities increases.

Conclusions. The use of feeding devices improves the uniformity of the grain material distribution in the separation zone. This contributes to a significant levelling of the air flow velocity curve and improves the quality of pneumatic separation.

Gravity feeders are one of the most practical in use. They have a simple design, are low in energy consumption, and are quite reliable and easy to maintain.

The structural simplicity of some gravity feeders makes it possible to install them when developing new and improving existing grain cleaning machines. This will increase both the efficiency of pneumatic separation and the economic efficiency of such grain cleaning machines.

Список літератури

1. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (очищення, сепарація, сушіння, активне вентильовання, охолодження) / Б. І. Котов та ін. Ніжин: Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 551 с.
2. Інтенсифікація процесу повітряної сепарації зерна / М.І. Васильковський та ін. *Збірник наукових праць Таврійської державної агротехнічної академії. Сучасні проблеми землеробської механіки*. Мелітополь, 2006. Вип. 39 . С. 161–165.
3. Васильковський М.І. Дослідження роботи пневмосепаруючого каналу на фізичній моделі / М.І. Васильковський О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, О.В. Нестеренко . *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту*. 2006. Вип.17. С. 44–48.
4. Гортинский В.В., Демский А.Б., Борискин М.А. Процессы сепарации на зернообработывающих предприятиях. М.: Колос, 1980. С. 103-140.
5. Котов Б.І., Степаненко С.П., Швидя В.О. Аналітичні дослідження раціональної подачі зернової суміші в аспіраційний канал пневмовідцентрових сепараторів . *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка*. 2010 . Вип. 103. С. 54-61.
6. Аналітичні дослідження контактного руху легких домішок у пневмосепаруючому каналі / О.В. Нестеренко та ін. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2017. Вип. 47, ч. 2. С. 185–191.
7. До теорії розділення зерна в повітряному потоці / Б.І. Котов та ін. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб.* 2009. Вип. 39. С. 54 – 62.
8. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна / О.В. Нестеренко та ін. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту*. 2012. Вип. 25, Ч.1. С.49–53.
9. Аристов С.А., Косилов Н.И. Исследование затрат мощности на привод ленточных питающих устройств пневмоинерционных сепараторов . *Повышение производительности в качестве работы зерноуборочных и зерноочистительных машин: науч.тр.* 1984. С.22–24.
10. Корнеев С.В. Интенсификация рабочего процесса зерноочистительной машины предварительной очистки путём фракционирования зернового материала: дис...канд. техн. наук. Киров, 2002. . 185 с.
11. Степаненко С. П., Котов Б. І., Рудь А.В., Замрій М.А. Теоретичні дослідження процесу руху зернового матеріалу на поверхні ступінчастого віброживильника. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2022. № 2 (105). С. 25–32.
12. Результати очищення насінневої суміші сої на пневматичному сепараторі. / М.В. Бакум та ін. *Механізація сільськогосподарського виробництва : вісник Харківського нац. техн. ун-ту с.-г.* 2017. Вип. 180 . С. 13-18.
13. Проспект фирмы «Petkus». Машины предварительной и интенсивной очистки К-527, К-526, К-560.
14. Машина предварительной очистки МПО-50С. Каталог продукции ОАО Головное специализированное конструкторское бюро (ГСКБ) "ЗЕРНООЧИСТКА".
15. Васильковський М.І., Васильковський О.М., Лещенко С.М. Обґрунтування основних параметрів замкненої двохступеневої пневмосепаруючої системи ЗОМ . *Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка*. 2007. Вип. 59 . С. 177–186.
16. Спосіб введення зернового матеріалу в пневмосепаруючий канал повітряного сепаратора: пат. (11) 9586 А Україна: МКИ В 02 В 1/00 . № a200500209; Заявл. 10.01.05; Опубл. 17.10.2005. Бюл. №10.
17. Обґрунтування параметрів живильного пристрою для багаторівневого введення зернового матеріалу у вертикальний пневмосепаруючий канал / О.В. Нестеренко та ін. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. ст.* 2016. Вип. 34. С. 92–103.

References

1. Kotov, B.I., Stepanenko, S.P. & Shvydia, V.O. et al. (2017). *Modeljuvannja tehnologichnih procesiv v tipovih ob'ektah pisljazbiral'noi obrobki i zberigannja zerna (ochishhennja, separacija, sushinnja, aktivne ventiljuvannja, oholodzhennja)* [Modelling of technological processes in typical objects of post-harvest processing and storage of grain (cleaning, separation, drying, active ventilation, cooling)] . Nizhyn: Publisher of PE Lysenko M.M. [in Ukrainian].
2. Vasytkovskiy, M.I., Vasytkovsky, O.M., Leshchenko, S.M. [et al]. (2006) Intensyfikatsiia protsesu povitrianoi separatsii zerna [Intensification of the process of air separation of grain] . *Zbirnyk naukovykh*

- prats' Tavrijs'koi derzhavnoi ahrotekhnichnoi akademii. Suchasni problemy zemlerobs'koi mekhaniky. – Modern problems of agricultural mechanics, Issue 39*, 161-165 [in Ukrainian].
3. Vasylykovskiy, M.I., Vasylykovskiy, O.M., Leshchenko, S.M. & Nesterenko, O.V. (2006). Doslidzhennia roboty pnevmoseparuiuchoho kanalu na fizychnij modeli [Study of the operation of the pneumoseparating channel on a physical model]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zb. nauk. pr. – Machines in agricultural production, branch engineering, automation: Collection of scientific works of Kirovohrad National Technical University, Issue 17*, 44-48 [in Ukrainian].
 4. Gortinskiy, V.V., Demskiy, A.B. & Boriskin, M.A. (1980). *Processy separacii na zernoobrabatyvajushhiih predpriyatijah. [Separation processes at grain processing enterprises]. Moscow: Kolos* [in Russian].
 5. Kotov, B.I., Stepanenko, S.P., Shvets, S.A. & Shvydia, V.O. (2010). Analitichni doslidzhennia ratsional'noi podachi zernovoi sumishi v aspiratsijnyj kanal pnevmovidtsentroyvykh separatoriv [Analytical studies of the rational supply of grain mixture to the aspiration channel of pneumatic centrifugal separators]. *Visnyk Kharkivs'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu sil's'koho hospodarstva im. P. Vasylenka – Bulletin of Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University of Agriculture, Issue 103*, 54-61 [in Ukrainian].
 6. Nesterenko, O.V. Petrenko, D.I., Pavlenko, I.I. et al. (2017). Analitichni doslidzhennia kontaktnoho rukhu lehkykh domishok u pnevmoseparuiuchomu kanali [Analytical studies of the contact motion of light impurities in the pneumatic separation channel]. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia sil's'kohospodars'kykh mashyn: zahal'noderzh. mizhvid. nauk.-tekhn. zb. – Design, production and operation of agricultural machines: general government. between science and technology coll, Issue 47, Part 2*, 185-191 [in Ukrainian].
 7. Kotov, B.I., Stepanenko, S. P., Shvydia, V.O. et al. (2009). [To the theory of grain separation in the air flow] . *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia sil's'kohospodars'kykh mashyn: zahal'noderzh. mizhvid. nauk.-tekhn. zb. – Design, production and operation of agricultural machines: general government. between science and technology coll, Issue 39*, 54-62 [in Ukrainian].
 8. Nesterenko, O.V. Vasylykovskiy, O.M., Leshchenko, S.M., Petrenko, D.I. & Bohatyrev, D.V. (2012). Perspektyvnyj napriamok intensyfikatsii povitrianoi separatsii zerna [Perspective direction of intensification of air separation of grain] . *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zb. nauk. pr. Kirovohrads'koho nats. tekhn. un-tu – Machines in agricultural production, branch engineering, automation: Coll. of scientific papers of Kirovohrad National Technical University. Issue 25; Part 1*, 49-53 [in Ukrainian].
 9. Aristov, S.A. & Kosilov, N.I. (1984). Issledovanie zatrat moshhnosti na privod lentochnykh pitajuchih ustrojstv pnevmoinercionnyh separatorov [Study of power consumption for the drive of belt feeders of pneumatic inertial separators] . *Povyshenie proizvoditel'nosti v kachestve raboty zernouborochnykh i zernoochistitel'nykh mashin: nauch.tr. – Increasing productivity and quality of work of grain harvesters and grain cleaning machines: Scientific and Technical Review* . Chelyabinsk, 22-24 [in Russian].
 10. Korneev, S.V. (2002). Intensifikacija rabocheho processa zernoochistitel'noj mashiny predvaritel'noj ochistki putjom frakcionirovaniya zernovogo materiala [Intensification of the working process of a grain cleaning machine of preliminary cleaning by fractionation of grain material]. *Candidate's thesis. Kirovohrad* [in Russian].
 11. Stepanenko S.P., Kotov B.I., Rud A.V., Zamriy M.A., (2022). Teoretychni doslidzhennia protsesu rukhu zernovoho materialu na poverkhni stupinchastoho vibrozhyvlynyka [Theoretical studies of the process of movement of grain material on the surface of a stepped vibrating feeder]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiakh – Vibrations in engineering and technology, 2 (105)*, 25-32 [in Ukrainian].
 12. Bakum, M.V., Krekot, M.M., Sheptur, O.A., Abduiev, M.M., Sinyayeva, O.V. & Tsyba, M.V. (2017). Rezultaty ochyshchennia nasinnievoi sumishi soi na pnevmatychnomu separatori. [Results of cleaning soybean seed mixture on a pneumatic separato]. *Mekhanizatsiia sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva : visnyk Kharkivs'koho nats. tekhn. un-tu s.-h. – Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture, Issue 180*, 13-18. [in Ukrainian].
 13. Prospekt firmy «Petkus». Mashyny predvaritel'noj i intensivnoj ochistki K-527, K-526, K-560. [Prospect of the Petkus company. Preliminary and intensive cleaning machines K-527, K-526, K-560] [in Russian].
 14. Mashina predvaritel'noj ochistki MPO-50S. [MPO-50S preliminary cleaning machine. Product catalogue of the Main Specialised Design Bureau (MSDB) "Zernoochistka"] [in Russian].
 15. Vasylykovskiy, M.I., Vasylykovskiy, O.M. & Leshchenko, S.M. (2007). Obgruntuvannia osnovnykh parametriv zamknoivoi dvokhstupenevoi pnevmoseparuiuchoi systemy ZOM [Substantiation of the main parameters of the closed two-stage pneumatic separation system of the grain cleaning machine] . *Visnyk Kharkivs'koho*

- natsional'noho tekhnichnoho universytetu im. P. Vasylenka – Bulletin of Petro Vasylenko Kharkiv National Technical University, Issue 59, 177-186 [in Ukrainian].*
16. Pat. (11) 9586 A Ukraine, MKI B 02 V 1/00 (Ukraine). Sposib vvedennia zernovoho materialu v pnevmoseparuiuchy kanal povitrianoho separatora [Method of introducing grain material into the pneumatic separating channel of an air separator]. No. a200500209; stated. December 10, 2005; has been published November 17, 2005. Bul. No. 10.
 17. Nesterenko, O.V. Petrenko, D.I., Leshchenko, S.M., Vasytkovskyi, O.M. & Honcharova, S.Y. (2016). Obgruntuvannia parametriv zhyvyl'nogo prystroiu dlia bahatorivnevoho vvedennia zernovoho materialu u vertykal'nyy pnevmoseparuiuchy kanal [Substantiation of the parameters of a feeding device for multi-level input of grain material into the vertical pneumatic separating channel] . *Sil's'kohospodars'ki mashyny : zb. nauk. st. – Agricultural machines: a collection of scientific articles, Issue 34, 92-103 [in Ukrainian].*

О.В.Нестеренко, доц., канд. техн. наук, **О.М. Васильковський**, проф., канд. техн. наук, **Р.В. Кісільов**, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м Кропивницький, Україна

Напрямки вдосконалення живильних пристроїв пневмосепаруючих каналів

Із підвищенням питомого навантаження та збільшенням товщини зернового матеріалу при пневмосепарації суттєво ускладнюється виділення легких домішок. Такі домішки розташовуються як правило, в середніх або в нижніх шарах зернового струменя, що значно погіршує можливість їх подальшого виділення в осадову камеру. За таких умов в пневмосепаруючому каналі спостерігається погіршення структури поля швидкостей повітряного потоку та знижуються показники якості пневмосепарації.

Для підвищення ефективності сепарації зернового матеріалу, особливо підвищеної вологості та засміченості необхідно створити такі умови, при яких зерновий матеріал буде максимально рівномірно розташовуватись в зоні сепарації, а всі компоненти суміші будуть мати однакові умови для ефективного розділення.

Одним із способів вирішення цієї задачі є застосування живильних пристроїв пневмосепаруючих каналів. Такі пристрої повинні забезпечувати умови, при яких подача зернового матеріалу в повітряний потік буде відбуватись тонким шаром. Це дозволяє значно покращити взаємодію компонентів зернової суміші з повітряним потоком, покращуючи умови розділення, а також суттєво зменшити їх зіштовхування. Тому, створивши такі умови сепарації та досягнувши рівномірної подачі зернового матеріалу, можна отримати значно вирівняне поле швидкостей повітряного потоку в робочій зоні сепарації, підвищити якісні показники та загальну технологічну ефективність роботи сепаратора.

Використання різних типів живильників має свої переваги та недоліки основних типів живильних пристроїв. Але основним недоліком всіх активних живильників, в тому числі аераційних, є необхідність додаткового енергоживлення. При цьому, найбільш широкого застосування набули гравітаційні живильники завдяки їх простоті та надійності конструкції.

Одним з перспективних напрямків інтенсифікації процесу сепарації є використання живильних пристроїв з розшаруванням зернового потоку в вертикальній площині.

Конструктивна простота деяких гравітаційних живильних пристроїв дає можливість їх встановлення при розробці нових та вдосконаленні існуючих зерноочисних машин. Це дасть змогу підвищити як ефективність роботи пневмосепарації так і економічну ефективність при використанні таких зерноочисних машин.

пневмосепарація, пневмосепараційний канал (ПСК), повітряний потік, живильник, зерновий матеріал

Одержано (Received) 16.05.2023

Прорецензовано (Reviewed) 21.05.2023

Прийнято до друку (Approved) 29.05.2023