

АГРОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 631.362.3:633.1

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2024.54.126-135>**С.О. Харченко**, доц., д-р. техн. наук, **О.І. Біловод**, доц., канд. техн. наук*Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна***Ф.М. Харченко**, доц., канд. техн. наук, **І.О. Котляревський**, асп.*Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна**e-mail: kharchenko_mtf@ukr.net***В.В. Яровий**, асп.*Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна*

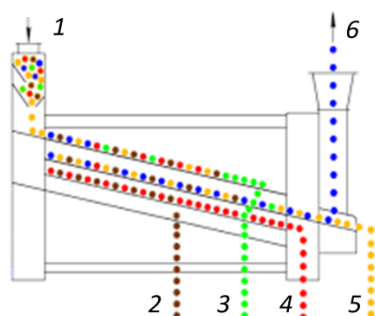
Причини блокування отворів перфорованих просіювальних поверхонь вібросепараторів

Сепарування сипких матеріалів є поширеною технологічною операцією, зокрема насінневого матеріалу в сільському господарстві. Ефективність сепарувального обладнання залежить від своєчасного та максимального розблокування отворів на просіювальних поверхнях. Однією з поширених систем очищення отворів є кулькові очисники. Мета роботи – експериментальний аналіз потенціалу системи очищення, зокрема, пошук раціональних параметрів системи очищення, шляхом розблокування отворів. **кулькові очисники, перфоровані просіювальні поверхні, процес сепарації, сипкі матеріали, заблоковані отвори**

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Поділ компонентів сипких матеріалів за розмірами є однією з розповсюджених технологічних операцій в різних галузях [1–3]. Для реалізації переважно використовують перфоровані просіювальні поверхні (ППП) або решета, які працюють з вібрацією та мають отвори різної форми та розмірів. Це дозволяє отримати декілька фракцій компонентів сипких матеріалів: дрібні, легкі, крупні та основні компоненти (рис.1). Один з перспективних способів підвищення ефективності просіювання сипких матеріалів є використання ППП з отворами складаної геометрії [4, 5]. Відомі також способи, що передбачають використання додаткових пристроїв для інтенсифікації процесів сегрегації компонентів в середині шару сипкого матеріалу [6, 7].

Проте, залишається відкритим питання відносно блокування отворів ППП компонентами сипкого матеріалу. Блокування отворів у випадках подібності розмірів компоненту сипкого матеріалу та отвору спричиняє зменшення кількості отворів та пропускну здатність ППП. В результаті маємо зниження продуктивності та якості сепарувального обладнання.

Для забезпечення своєчасного очищення отворів ППП використовують системи очищення з кульковими очисниками (рис.2). Кульки приводяться в рух за рахунок ударів по комірці бампера або відбивній решітці. Кількість кульок в комірці, матеріал, з якого вони виготовлені, геометричні параметри бампера, кінематичні параметри ППП та розміри отворів, питома завантаження та властивості компонентів сипкого матеріалу складають значущі фактори процесу. Через значну кількість факторів, які впливають на ефективність процесу розблокування отворів, виконати оптимізацію представляє труднощі. Крім того, слід урахувати зношення еластичних кульок, вплив зовнішнього середовища.



1 – вихідний сипкий матеріал; 2 – дрібний домішковий компонент; 3 – крупний домішковий компонент; 4, 5 – основний компонент; 6 – легкі домішки

Рисунок 1– Схема вібраційного сепаратора

Джерело: розроблено авторами



1 – ППП; 2 – очисник кульковий; 3 – бампер
Рисунок 2– Схема системи очищення отворів ППП

Джерело: розроблено авторами

Проведення попередніх досліджень та визначення діапазонів варіювання, фіксації параметрів процесу розблокування отворів дозволить провести подальше удосконалення конструкції.

Постановка завдання. Метою роботи є підвищення ефективності процесу очищення отворів шляхом визначення значущих факторів та діапазонів їх варіювання за рахунок проведення попередніх експериментальних досліджень.

Виклад основного матеріалу. Для досліджень обрано плоскорешетний сепаратор (рис.3), в якому для очищення використано кулькові очисники. Сепаратор працює в технологічній лінії з післязбиральної обробки зернових матеріалів на ТОВ «Ханзе Агрі» (сmt. Степанівка, Сумська обл.).



1 – патрубок завантажувальний; 2 – дозувальний клапан; 3 – канал пневмосепарувальний;
4 – шнеки розвантажувальні; 5 – решетний блок; 6 – канал вертикальний пневмосепарувальний;
7 – патрубок для відведення запиленого повітря; 8 – привід решетного блоку;
А, В, С – фракції сипкого матеріалу

Рисунок 3– Схема та загальний вигляд сепаратора Buhler LAAB TAS 206A-5

Джерело: розроблено авторами

Для досліджень обрано сипкі зернові матеріали: сої (сорти Еліна, Саїдіна, Озборн), кукурудзи (гібриди Піонер 9361, 8816, Сингента Орфеус, Хорінтос, Феноменон, KWS 2370), соняшнику (гібриди Піонер 136LE, KWS Белоба, Лімігреін 479, Сингента НК Неома).

Номинальна продуктивність сепаратора Buhler LAAB TAS 206A-5 коливається в залежності від типу сипкого матеріалу та його властивостей [8]. Проте використання

даного сепаратора за умови отримання необхідної якості (від замовника або відповідно до норм міжнародних стандартів) потребувало зниження продуктивності при обробці соняшнику 90 т/год (за умови дотримання 5% засміченості), при обробці кукурудзи – 170 т/год (8% засміченості), при обробці сої – 180 т/год (5%).

Аналіз досліджень процесів очищення отворів ППП [9–11] дозволив виділити наступний критерій оцінки ефективності – коефіцієнт забиваємості:

$$\delta = \Sigma nb / \Sigma nh, \quad (1)$$

де Σnb – кількість заблокованих (забитих) отворів ППП;

Σnh – загальна кількість отворів ППП.

В результаті контакту кульки з кромками отворів відбувається зношування кульки. Крім того, еластичні властивості кульки залежать від зовнішніх умов експлуатації. Встановлено, що для оцінки показників кулькового очисника краще використовувати наступні параметри:

а) коефіцієнт відновлення

$$K_r = h_a / h_{\max}, \quad (2)$$

де h_a – фактична висота відскоку кульки, м;

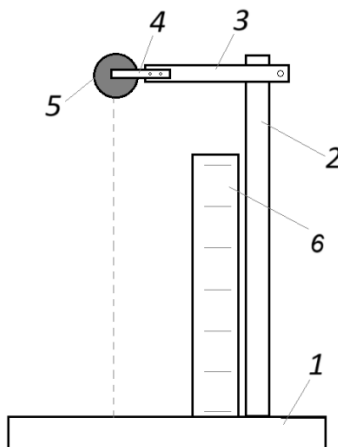
h_{\max} – початкова висота падіння кульки, приймаємо 1 м;

б) швидкість зношення кульки

$$i = \Delta d / \Delta t, \quad (3)$$

де Δd – зміна діаметра кульки, мкм; Δt – час експлуатації кульки, годин.

Для визначення коефіцієнта відновлення використано наступний стенд (рис.4). Дослідні зразки кульок закріплювали на стійці (рис.4, поз.2) на заданій висоті ($h_{\max}=1$ м). Потім відпускали кульку з затиску (рис.4, поз.4) і фіксували, на яку відстань відбудеться максимальний відскок кульки. Фіксація висоти h_a відбувалася відносно мірної шкали (рис.4, поз.6).



1 – основа; 2 – стійка; 3 – платформа; 4 – захват; 5 – кулька; 6 – шкала

Рисунок 4 – Стенд для визначення коефіцієнта відновлення кулькових очисників

Джерело: розроблено авторами

Для визначення швидкості зношення кульки, а саме параметру Δd , використовували штангенциркуль цифровий 150мм INTERTOOL MT-3005.

Негативним явищем, що впливає на еластичні властивості гумових виробів є пил, який виділяється з зернового сипкого матеріалу в процесі транспортування, очищення або іншої обробки. Наявність пилу в зерні досягає до 0,3 % від загальної маси, а інтервал дисперсності коливається від 10^{-7} до 10^{-1} см [12, 13].

Поряд, з олійністю та вологістю, пил може викликати утворення твердого шару на поверхні кульки (рис.5). Подібний шар істотно знижує еластичність всього виробу, а подібна кульказменшує швидкість відскоку від бампера та кількість ударів по ППП.



Рисунок 5 – Загальний вигляд чистих (а) та забруднених (б) кулькових очисників
Джерело: розроблено авторами

Методика дослідження даного фактору передбачала періодичне вилучення з сепаратора Buhler LAAB TAS 206A-5 зразків (кульок) для аналізу. Періоди вилучення кульок передбачали чотири точки наробітку: 0 годин (нові кульки), 2750 годин, 5500 годин та 8250 годин роботи. Спершу проводили вимірювання діаметра забрудненої кульки з трьох сторін та округлювали дані. Далі, проводили очищення кульки та повторний замір діаметра. Різниця між діаметрами складала рівень забруднення, який визначався величиною Δdb (мкм).

Іншим змінним фактором при дослідженнях стала температура навколишнього середовища. Низька температура зменшує еластичні властивості кульок, щопозначається на їх динаміці. Для досліджень прийнято штучне охолодження кульок в термічній камері до заданої температури. Після цього перевіряли показники коефіцієнта відновлення. Діапазон варіювання температури склав від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, з періодом у 10 градусів.

Іншим фактором впливу на ефективність очищення отворів стали конструктивні особливості бампера та кульок. Так, прямокутна форма комірки бампера складається з чотирьох стінок, поєднаних між собою під прямим кутом. З урахуванням діаметра кульки 35мм та прямого кута між стінками комірки маємо кутову зону ППП, яка не контактує з кулькою та не очищається (рис.6).

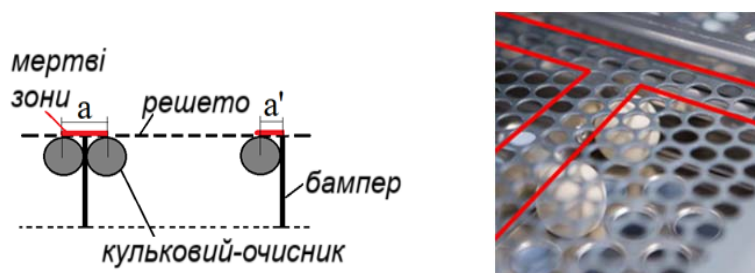


Рисунок 6 – Параметри неочищених (мертвих) зон на ППП
Джерело: розроблено авторами

Кількість подібних «мертвих» зон на ППП залежить від кількості прямих кутів. Для ідентифікації кількісно даного явища використано коефіцієнт забиваємості (формула (1)), який показує кількість очищених та заблокованих отворів в даний момент часу.

Інтенсивність зчеплення компоненту сипкого матеріалу з кромкою отвору визначає можливість швидкого розблокування подібного отвору. Це потребує

визначення умов розблокування та очищення отвору. Подібне визначення проведено в аналітично-експериментальному вигляді в [14, 15], що потребує остаточного аналізу.

Результати досліджень та їх обговорення. Використання запропонованої методики дозволило отримати відповідні залежності щодо зміни параметрів кульок в процесі експлуатації (табл.1, рис.7, 8).

Таблиця 1 – Зміни параметрів кулькових очисників в процесі експлуатації

Час експлуатації Lh , годин	Зміна діаметра Δdb , мкм	Товщина шару забруднення hd , мкм	Коефіцієнт відновлення Kr
0	–	0	0,85
2750	54	31	0,74
5500	100	60	0,58
8250	163	85	0,28

Джерело: розроблено авторами

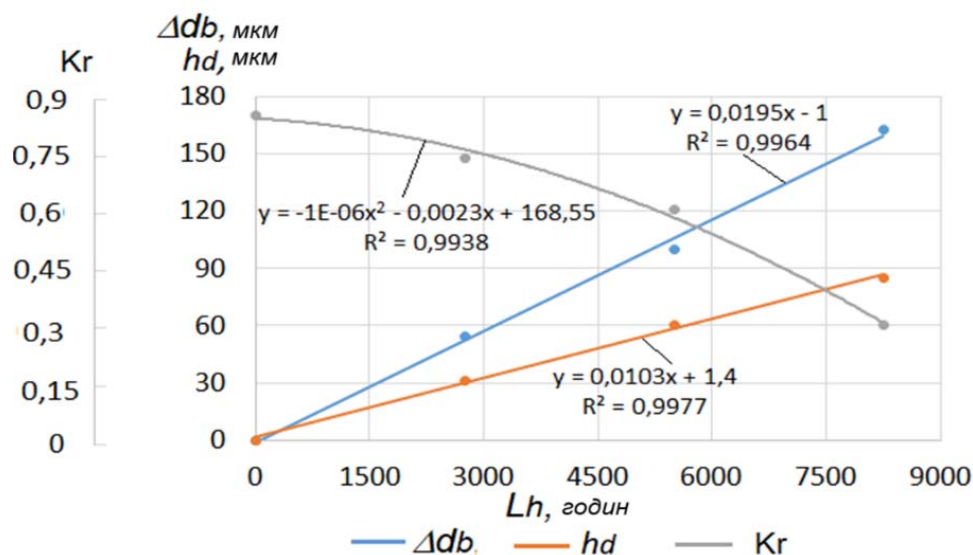


Рисунок 7 – Залежності коефіцієнта відновлення (Kr), зношення (Δdb) та товщини шару засмічення кулькових очисників від часу експлуатації

Джерело: розроблено авторами

Аналізом залежностей (рис.7) встановлено, що абразивний знос кульок та налипання пилу призводять до триразового зниження коефіцієнта відновлення за період експлуатації 8000 годин, що суттєво впливає на ефективність очищення ППП. Швидкість зносу кульок за заданих умов складає 0,018–0,02 мкм/год.

Зміна умов експлуатації, при якій спостерігається виділення пилу та наявність рідини (при очищенні олійних культур), здане викликати засмічення кульок та зниження їх еластичних властивостей порівнюючи з чистими (новими) кульками. Різниця між коефіцієнтами відновлення чистих та засмічених кульок не перевищує 5,5%.

Використавши методику, отримали залежності коефіцієнта відновлення кульки від температури навколишнього середовища (рис.9).

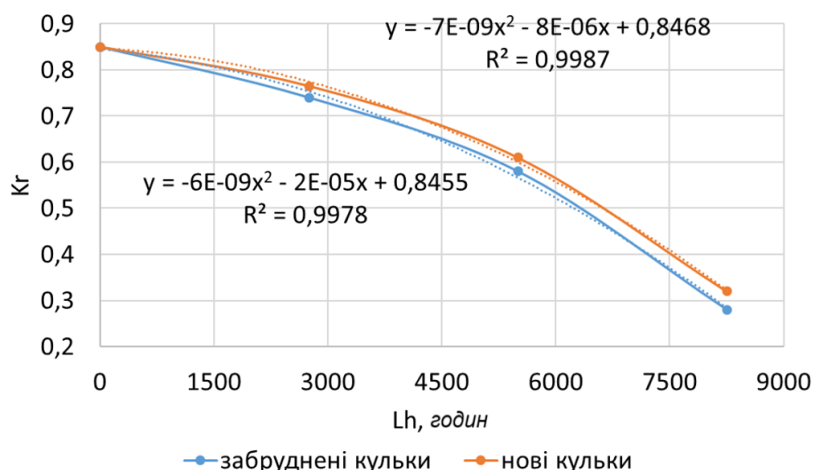


Рисунок 8 – Залежності коефіцієнта відновлення Kr за різних умов роботи та часу експлуатації Lh

Джерело: розроблено авторами

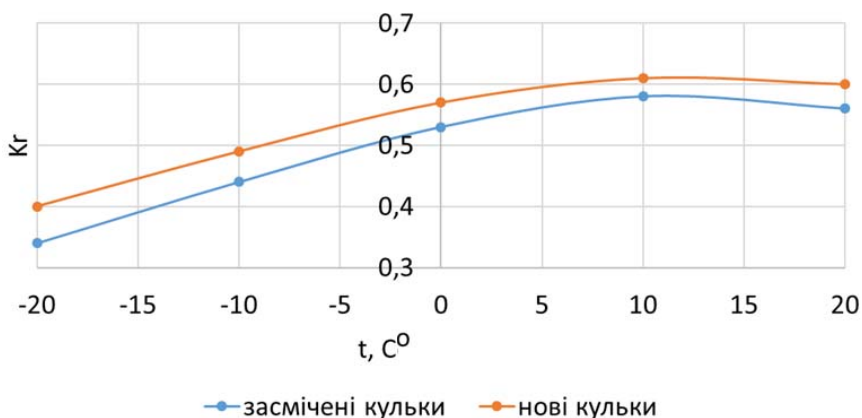


Рисунок 9 – Залежності коефіцієнта відновлення кульки Kr від температури навколишнього середовища T (при наробітку $Lh=5500$ годин)

Джерело: розроблено авторами

Аналіз залежностей (рис. 9) свідчить, що коефіцієнт відновлення кульки змінюється до 66% у діапазоні температури, що досліджувалась. Попри подібність тенденції зміни для чистих та засмічених кульок відмінність коефіцієнта відновлення склала 5–7,5%. Раціональний діапазон варіювання коефіцієнта відновлення знаходиться в інтервалі температури 5–20° C.

Під час досліджень на ППП виявлено неочищені (мертві) зони, які розташовано уздовж стінок комірок бампера. Для їх оцінки використано коефіцієнт забивання.



Рисунок 10 – Приклади наявності неочищених зон на ППП

Джерело: розроблено авторами

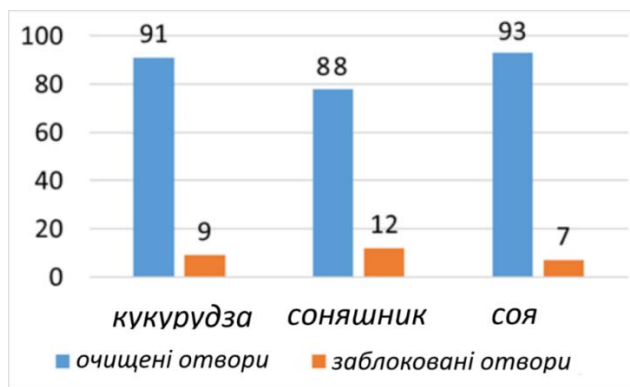


Рисунок 11 – Діаграма співвідношення очищених та заблокованих (мертвих) зон на ППП
Джерело: розроблено авторами

В залежності від сипкого матеріалу приймаються різні форми та розміри отворів, загальна кількість яких на ППП змінюється. Зважаючи на це, відсоток мертвих зон на ППП для заданих матеріалів становив 7–12%. Це означає, що ППП мало постійні показники коефіцієнта забивання 7–12%, які не виконували свого призначення та знижували пропускну здатність ППП, продуктивність та якість поділу сепарувального обладнання.

Проведені дослідження в [14], дозволили визначити умови розблокування отворів при кульковій системі очищення

$$F_w = \frac{m_b V_r^2}{2} \geq F_{ad} h_d, \quad (5)$$

де m_b – маса еластичної кульки;

V_r – відносна швидкість;

h_d – довжина шляху заклинювання.

В роботі [15] також наведено умову розблокування отвору за рахунок щіткової системи очищення

$$F_w = \frac{3\pi E_{br} d_{br}^4 T n_{br}}{64 l_{br}} \pi r^2 \geq (m_p g + F_{ad}), \quad (6)$$

де E_{br} , d_{br} , l_{br} , n_{br} – модуль пружності, діаметр, довжина та кількість активних щетинок очисника;

T , m_p – ширина, маса частинок компоненту сипкого матеріалу.

Проаналізувавши наведені рівняння очевидно, що значущою величиною є сила зчеплення, яка визначає розблокування отвору ППП та знаходиться за виразом [14] (рис.12)

$$F_{ad} = \frac{16\pi\mu h_s k_e T}{L^2} \frac{E_p}{(1+\nu)(1-2\nu)} (z_2^2 - z_1^2), \quad (7)$$

де E_p і ν – модуль пружності та коефіцієнт Пуассона компоненту сипкого матеріалу;

μ – коефіцієнт тертя компоненту об кромку отвору;

h_s – товщина поверхні (кромки);

T та L – осі еліпсоїду обертання компоненту сипкого матеріалу (рис.12);

z_1 , z_2 – координати розташування центра еліпсоїда компоненту відносно верхньої (робочої) поверхні отвору;

k_e – коефіцієнт, що враховує зміну площі контакту компоненту та кромки отвору.

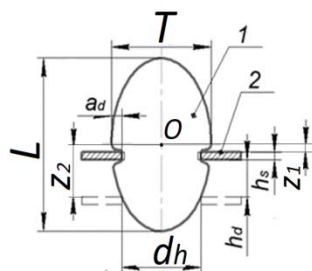


Рисунок 12 – Схема заблокованого отвору ППП

Джерело: розроблено авторами

Ураховуючи результати проведених попередніх досліджень, вдалося встановити недоліки існуючих систем очищення з еластичними очисниками, які призводять до зниження ефективності розблокування отворів ППП та їх надійності:

- невідповідність кінематичних параметрів по відношенню до ефективного просіювання через отвори сипких матеріалів та відносно їх розблокування;
- додаткові вимушені коливання ППП внаслідок впливу очисників, що впливає на надійність та просіювання компонентів сипких матеріалів;
- наявність неочищених (мертвих) зон на ППП (до 12%);
- зношування та забруднення кулькових очисників;
- вплив температури навколишнього середовища на еластичні властивості кулькових очисників та їх динаміку;
- пошкодження компонентів сипкого матеріалу;
- забруднення частинками зносу кінцевих проєктів обробки сипкого матеріалу.

За даними недоліками вдалося ідентифікувати фактори, які є значущими та підлягають детальному дослідженню:

- параметри та властивості матеріалів кулькових очисників;
- конструктивні та кінематичні параметри ППП;
- параметри відбиваючого пристрою (бампера);
- температура навколишнього середовища;
- параметри та властивості компоненту сипкого матеріалу.

Критеріями ефективності роботи системи очищення отворів ППП може бути:

- ефективність розблокування отворів або продуктивність/якість просіювання компонентів сипкого матеріалу на ППП;
- надійність кулькових очисників;
- фізико-хімічне забруднення кінцевих продуктів.

Важливим теоретичним рішенням повинно бути аналітичне визначення сили розклинювання компоненту сипкого матеріалу, що ураховує їх властивості та параметри кульки, ППП.

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено недоліки існуючих систем очищення отворів з еластичними кульками, які знижують ефективність процесів сепарування сипких матеріалів.

Визначені головні критерії та фактори ефективності процесу розблокування отворів за умови даних попередніх експериментальних та аналітичних досліджень.

Проведені дослідження дозволили встановити вплив забрудненості поверхні кульок та температури на їх еластичні показники, вплив мертвих зон та ефективність очищення отворів, вплив величини сили зчеплення компоненту з кромками отвору.

Отримані дані дозволяють зменшити кількість варіативних факторів та спростити розрахунки щодо оптимізації параметрів системи очищення отворів ППП.

Список літератури

1. Котов Б.І., Степаненко С.П., Пастушенко М.Г. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів . *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2003. Вип. 33. Кіровоград. С. 104–114.
2. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування зерна: монографія. Харків : Око, 2006. 408 с.
3. Черевко О. І., Поперечний А. М. Процеси і апарати харчових виробництв: підручник : 2-е видання, доп. та випр. Харків : Світ Книг, 2014. 95 с.
4. Kharchenko S, Kovalyshyn S, Zavgorodniy A, Kharchenko F, Mikhaylov Y. Effective sifting of flat seeds through sieve. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019; 58 (2): 17–26. DOI: [10.35633/INMATEH-58-02](https://doi.org/10.35633/INMATEH-58-02).
5. Kharchenko S. Intensification of grain sifting on flat sieves of vibration grain separators: monograph. Kharkiv : Dissa Plus, 2017. 217 p.
6. Тищенко Л. Н., Ольшанский В. П., Ольшанский С. В. Виброрешетная сепарация зерновых смесей : монография. Харьков : Мискдрук, 2011. 280 с.
7. Півень М.В. Ефективність сепарування зернових сумішей вібровідцентровими решетами з розпушувачами. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2017. Вип. 10. С.92–98.
8. Документація. Універсальний аспіратор (TAS): TAS152A-2, TAS153A-1, TAS152A-2S, TAS154A-4 TAS154A-4S, TAS204A-4 TAS204A-4S, TAS206A-6. TAS206A-6S – Bühler GmbH, Німеччина, 79 с.
9. Factors of technological efficiency and reliability of elastic cleaners of vibrating sieves / S. Kharchenko, S. Samborski, F. Kharchenko: WECM'23, Pisa, September 20–22, 2023. P.23.
10. Ławińska K. Proces blokowania otworów sitowych przesiewaczy stosowanych w przeróbce mechanicznej kopalin użytecznych. *Remigiusz Modrzewsk Technologia i Jakość Wyrobów*. 2015, 60. P.68–75.
11. Ławińska K, Remigiusz M, Piotr W. Mathematical and empirical description of screen blocking. *Granular Matter*. 2016, 18: 13. DOI: [10.1007/s10035-016-0622-4](https://doi.org/10.1007/s10035-016-0622-4).
12. Харченко С.О. Обґрунтування параметрів процесу очищення повітряного потоку пилоосаджувальною камерою вібровідцентрових зернових сепараторів : дис. ... канд. техн. наук 05.05.11. Харків : ХНТУСГ, 2007. 230 с.
13. Донин Л.С. Довідник по вентиляції в харчовій промисловості. Київ : Харчова промисловість, 1997. 352 с.
14. Kharchenko S, Samborski S, Kharchenko F, Kotliarevskiy I. Determination of Hole Blocking Conditions for Perforated Sifting Surfaces. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2024; 18(5): 342–360. DOI: [10.12913/22998624/190483](https://doi.org/10.12913/22998624/190483).
15. Tkachyov V.V. Condition for cleaning the sieve meshes of the seed cleaning machine. *Collection of the Krasnodar State University*. 2011. №5. P.28–131

References

1. Kotov, B.I., Stepanenko, S.P. & Pastushenko, M.H. (2003). Development trends in the design of machines and equipment for cleaning and sorting grain materials. *Design, production and exploitation of agricultural machinery*, Vol. 33, 104–114. [in Ukrainian].
2. Zaika, P.M. (2006). Teoriia silskohospodarskykh mashyn. Ochystka i sortuvannia zerna: monohrafiia. Kharkiv: Oco [in Ukrainian].
3. Cherevko, O.I. & Poperechnyi A.M. (2014). Protsesy i aparaty kharchovykh vyrobnytstv: 2-e vydannia, dop. ta vypr. Kharkiv : Svit Knyh [in Ukrainian].
4. Kharchenko S, Kovalyshyn S, Zavgorodniy A, Kharchenko F & Mikhaylov Y. (2019). Effective sifting of flat seeds through sieve. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 58 (2), 17–26. DOI: [10.35633/INMATEH-58-02](https://doi.org/10.35633/INMATEH-58-02). [in English].
5. Kharchenko S. (2017). Intensification of grain sifting on flat sieves of vibration grain separators: monograph. Kharkiv : Dissa Plus [in English].
6. Tishchenko, L.M., Olshanskiy V.P. & Olshanskiy S.V. (2011). Vibroreshetna separatsiia zernovykh sumishei: monohrafiia. Kharkiv : Miskdruk [in Ukrainian].
7. Piven, M.V. (2017) Efektyvnist separuvannia zernovykh sumishei vibrovidtsentrovymy reshetamy z rozpushuvachamy. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriia: Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv*, Vol. 10, 92–98. [in Ukrainian].

8. Documentation. Universal aspirator (TAS): TAS152A-2, TAS153A-1, TAS152A-2S, TAS154A-4 TAS154A-4S, TAS204A-4 TAS204A-4S, TAS206A-6. TAS206A-6S. Bühler GmbH, Gemany [in Ukrainian].
9. Kharchenko, S., Samborski, S. & Kharchenko, F. (2023). Factors of technological efficiency and reliability of elastic cleaners of vibrating sieves: *WECM'23, Pisa, September 20–22*, 23. [in English].
10. Ławińska, K. (2015). Proces blokowania otworów sitowych przesiewaczy stosowanych w przeróbce mechanicznej kopalin użytecznych. *Remigiusz Modrzewsk Technologia i Jakość Wytrobów*, 60, 68–75. [in Poland].
11. Ławińska, K., Remigiusz, M. & Piotr, W. (2016). Mathematical and empirical description of screen blocking. *Granular Matter*, 18, 13. DOI: 10.1007/s10035-016-0622-4. [in English].
12. Kharchenko, S.O. (2007). Obhruntuvannya parametriv protsesu ochyshchennia povitrianoho potoku pyleosadzhuvalnoiu kameroiu vibrovidtstentroykhn zernovykh separatoriv: Doctor's thesis. Kharkiv, KHNTUA [in Ukrainian].
13. Dony, L.S. (1997). Dovidnyk po ventyliatsii v kharchovii promyslovosti. Kyiv: Kharchova promyslovist [in Ukrainian].
14. Kharchenko, S., Samborski, S., Kharchenko, F. & Kotliarevskyi, I. (2024). Determination of Hole Blocking Conditions for Perforated Sifting Surfaces. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 18(5), 342–360. DOI: 10.12913/22998624/190483. [in English].
15. Tkachyov, V.V. (2011). Condition for cleaning the sieve meshes of the seed cleaning machine. *Collection of the Krasnodar State University*, №5, 28–131. [in English].

Serhii Kharchenko, Prof., DSc., **Oleksandra Bilovod**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Farida Kharchenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ihor Kotliarevskyi**, post-graduate

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Volodymyr Yarovi, post-graduate

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

Causes of Blocking the Holes of Perforated Screening Surfaces of vibrating Separators

Separation of loose materials is a popular technological process used in various industries to divide components by size.

The use of vibrated perforated sifting surfaces on the basis of separating machines is realized with vibration and, despite significant efficiency, there is unrealized potential. The presence of a number of sub-processes makes it difficult to optimize them and requires consideration of each: loading, segregation, screening, mechanical oscillations of the surface, cleaning of holes, etc. The efficiency of separation equipment directly depends on the timely and maximum unblocking of the holes on the screening surfaces. One of the most common hole cleaning systems is ball cleaners together with a bumper or reflective grating. The main objective of the research was to experimentally analyze the potential of this cleaning system. In particular, the search for rational parameters of the cleaning system, which will maximize the efficiency of unblocking the holes under the condition of a significant number of variable factors.

Based on the identified shortcomings, it was possible to identify the following factors that are significant: parameters and properties of ball cleaner materials; structural and kinematic parameters of the sieving surface; parameters of the reflecting device; environmental temperature; parameters and properties of the loose material component. Based on the results of the analysis, the criteria for the effectiveness of the hole cleaning system were determined: the effectiveness of unblocking the holes or the productivity/quality of sifting components.

ball cleaners, perforated sieving surfaces, separation process, loose materials, blockedholes

Одержано (Received) 26.09.2024

Прорецензовано (Reviewed) 26.11.2024

Прийнято до друку (Approved) 02.12.2024