

УДК 631.362.32 2

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.147-154>

**П.Г. Лузан**, доц., канд. техн. наук, **Р.В. Кісільов**, канд. техн. наук, **О.Р. Лузан**, канд. техн. наук

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

*e-mail: luzanpg@gmail.com*

## Обґрунтування параметрів решета з щілинами непостійного розміру

На основі елементів теорії ймовірності розроблена математична модель процесу сепарації зернових сумішей на решетах з щілинами непостійного розміру. Виконано обґрунтування параметрів запропонованих решіт залежно від заданого питомого навантаження і необхідної ефективності сепарації. Встановлені аналітичні зв'язки технологічних характеристик процесу сепарації і конструктивних параметрів решета. Запропоновано методику визначення швидкості руху, необхідної довжини решета та коефіцієнта приведення, який враховує розмірну характеристику зернового матеріалу.

**решето, очищення зерна, зерноочисна машина, ефективність сепарації**

**П.Г. Лузан**, доц., канд. техн. наук, **Р.В. Кисильов**, канд. техн. наук, **О.Р. Лузан**, канд. техн. наук

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

### Обоснование основных параметров решета со щелями непостоянного размера

На основе элементов теории вероятности разработана математическая модель процесса сепарации зерновых смесей на решетах со щелями непостоянного размера. Выполнено обоснование параметров решет в зависимости от заданной удельной нагрузки и необходимой эффективности сепарации. Установлены аналитические связи технологических характеристик процесса сепарации и конструктивных параметров решета. Предложена методика определения скорости движения, необходимой длины решета и коэффициента приведения, который учитывает размерную характеристику зернового материала.

**решето, очистка зерна, зерноочистительная машина, эффективность сепарации**

**Постановка проблеми.** Післязбиральний обробіток є найбільш енергоємним процесом у виробництві зерна, тому актуальним є вирішення задачі зменшення енергетичних витрат машин для його очищення.

Якщо врахувати, що у 2018 році Україна подолати історичний рубіж виробництва зерна понад 70 млн. тонн [1], то навіть незначне зменшення витрат на його очищення, дозволить отримати значний економічний ефект. Проблема зумовлена тим, що решета, які використовуються в зерноочисних машинах забиваються частинками, що мають розміри, близькі до розмірів щілин решета [2, 3]. Для їх очищення встановлюють додаткові пристрої, які суттєво ускладнюють конструкцію зерноочисних машин і значно збільшують енергетичні витрати.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для забезпечення сталого розвитку сільськогосподарського виробництва впроваджено нові технології вирощування зернових культур [4]. Враховуючи їх різноманітність за фізико-механічними та іншими властивостями розроблено відповідні зерноочисні машини. На основі проведених теоретичних досліджень [5-8] створено велику групу зерноочисних машин з використанням вібрації, де вона сприяє як переміщенню зернового матеріалу по решету, проходженню його крізь щілини і очищенню решета від частинок, які в ньому застрягли. В роботах [9, 10] теоретично обґрунтовано рух зернових матеріалів по шорстких поверхнях сільськогосподарських машин, та створено математичні моделі їх руху по різних типах решіт [11-13], однак проблема очищення решіт в машинах, створених на основі таких досліджень, вирішена не повністю.

На основі принципів побудови моделі ідеального сепаратора, яку запропонував М.Є. Авдєєв, було створено ряд конструкцій решіт, які забезпечують їх самоочищення. Складність та значні витрати на виготовлення не забезпечують економічної ефективності впровадження таких решіт у виробництво [14].

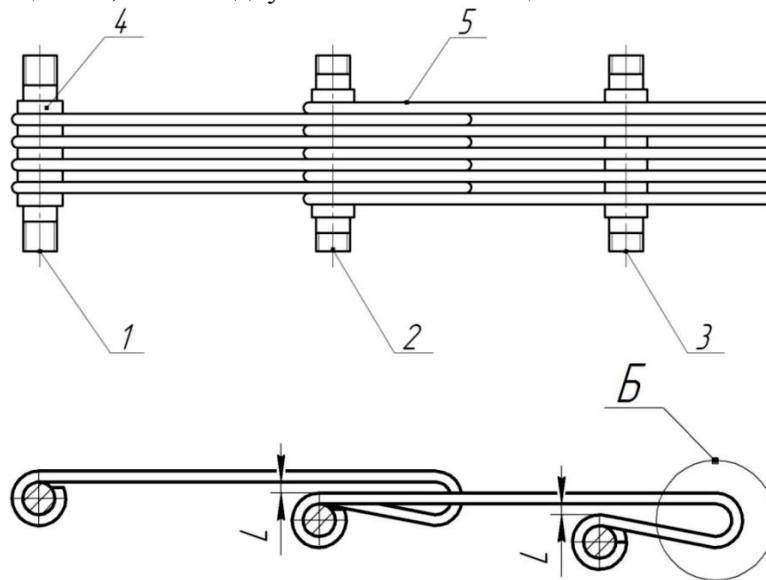
Завдяки ідеї моделі ідеального сепаратора на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету було розроблено нову конструкцію решіт [15] та теоретично обґрунтовано їх параметри [16]. Запропоновані решета задовільно очищують зернові суміші, однак в існуючих конструкція зерноочисних машин застосувати їх практично не можливо.

При використанні таких решіт дуже важко досягти заданої якості розділення, так як величина розхилу стержнів не є сталою величиною. Тому розробка і обґрунтування параметрів нових решіт для зерноочисних машин із забезпеченням їх самоочищення є актуальною задачею.

**Постановка завдання.** Таким чином, метою роботи є розробка конструкції решета з щілинами непостійного розміру. Виконати обґрунтування параметрів запропонованого решета залежно від заданого питомого навантаження і необхідної ефективності сепарації. Установити аналітичні зв'язки технологічних характеристик процесу сепарації і конструктивних параметрів решета.

**Виклад основного матеріалу.** Запропоноване решето виконане з набору повздовжніх стержнів, між якими утворюються щілини непостійного розміру (рис. 1), а розширення  $L$  обмежується відповідними осями не більше заданої величини.

Частки з розмірами близькими до розмірів щілин, які в традиційних решетах застрягають, завдяки тому, що під дією ваги оброблюваного матеріалу повздовжні стержні хаотично прогинаються в місці згину  $B$  і величина щілини збільшується, проходять крізь щілини, тобто відбувається самоочищення.



1, 2, 3 – осі; 4 – калібрувальні шайби; 5 – стержні

Рисунок 1 – Схема решета з щілинами непостійного розміру

Джерело :розроблено авторами

Математичну модель процесу сепарації виконаємо на основі елементів теорії ймовірності, для чого розглянемо рух часток по ділянці решета із двох стержнів, параметрами якого є  $S$ ,  $b_0$ ,  $b_k$ ,  $\alpha$ ,  $T$  – відповідно довжина решета; початкова і кінцева

ширина щілин; кут, який визначає розхил стержнів у поперечному перерізі; крок розташування стержнів. Прийmemo припущення, що частки мають вигляд кулі і рухаються по решету з постійною швидкістю та не відриваються від нього, причому вони переміщуються пошарово, а їх переміщення між сусідніми елементарними шарами відсутнє. Якщо частинка із нижнього шару проходить в щілину, то її місце послідовно заповнюється часткою із верхнього шару (рис. 2).

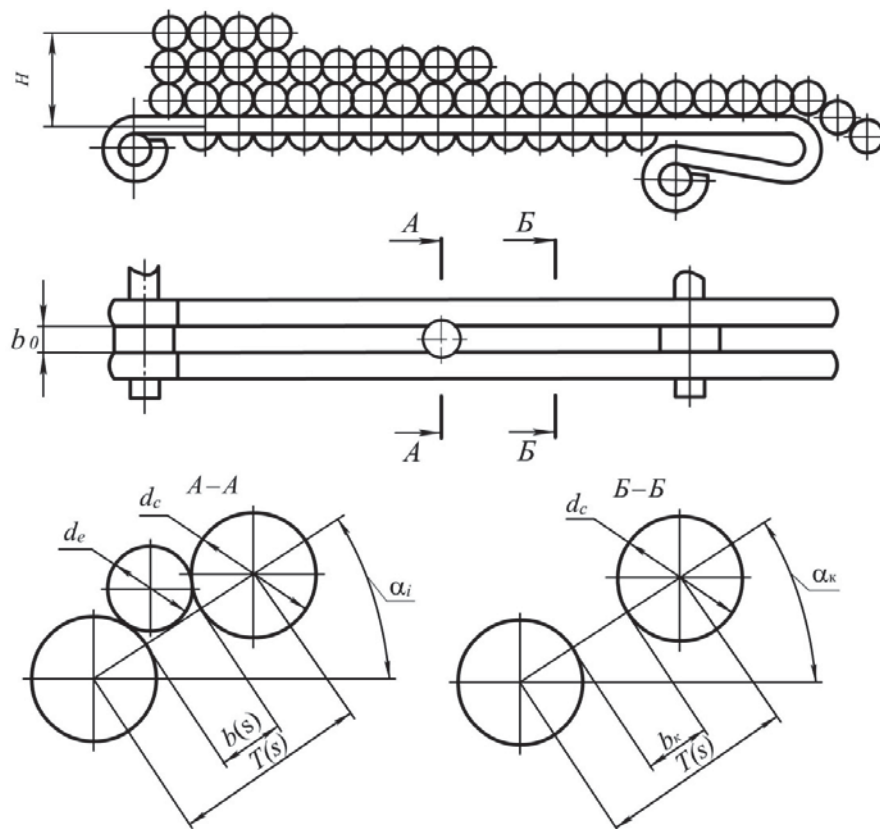


Рисунок 2 – Схема до обґрунтування математичної моделі процесу сепарації  
Джерело :розроблено авторами

Розглянемо решето, що складається з однієї щілини шириною  $T$ , по якій рухається зерно шаром висотою

$$H = \frac{q_b}{\rho \cdot V}, \quad (1)$$

де  $q_b$  – питоме навантаження;

$\rho$  – об'ємна маса зерна;

$V$  – швидкість руху зерна.

Для визначення ймовірності виділення часток зерна припустимо, що зернова суміш складається із часток однакового діаметру  $d_e$ , а ймовірність їх положення в будь-якій ділянці решета однакова, тоді кількість елементарних шарів частинок діаметром  $d_e$  на поверхні решета –  $n = H/d_e$ .

Процес сепарації можна розглядати як складний випадок, який включає три прості: центр маси частки виявиться над площиною щілини; може пройти через щілину; щілина вільна від не просіяних крізь неї часток з нижніх елементарних шарів.

Перший випадок може відбутися за умови

$$P_1^i = \frac{b(s)_i}{T(s)_i}, \quad (2)$$

де  $b(s)_i$  – розрахункова ширина щілини на довжині щілини  $S_i$ , тобто  $b(s)_i = T(s)_i / \cos \alpha_i - d_c$ ;  $T(s)$  – крок між стержнями,  $T(s) = b(s) + d_c$ ;  $\alpha_i$  – кут розхилу стержнів, (рис. 3).

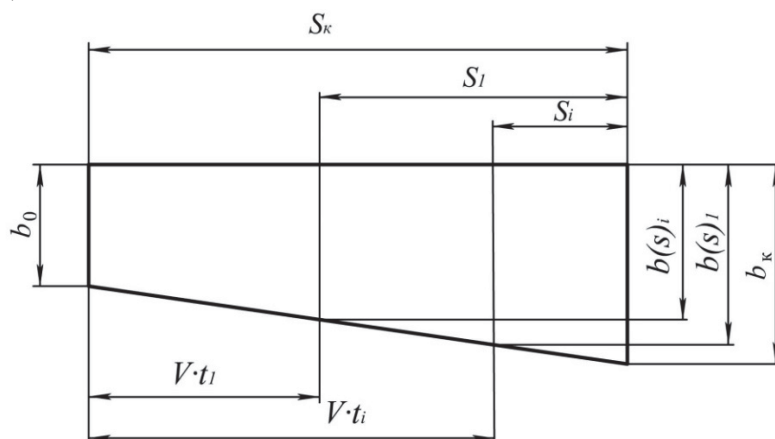


Рисунок 3 – Схема до визначення ширини щілини решета непостійного розміру  
Джерело :розроблено авторами

Другий випадок можливий тоді, коли розмір зерна менший за розмір щілини.

$$P_2^i = \frac{b(s)_i - \frac{2}{\pi} \cdot d_e}{b(s)_i}. \quad (3)$$

Якщо частки із шарів, що розташовані нижче виділились, то складуться умови для виділення верхньої частки.

$$P_3^i = \prod_{a=1}^{i-1} P_2^a. \quad (4)$$

Загальна ймовірність того, що частка виділиться  $P^i = P_1^i \cdot P_2^i \cdot P_3^i$ .

Якщо врахувати попередні зауваження, то отримаємо

$$P^i = \frac{1}{T} \prod_{a=1}^i \left( b(s)_i - \frac{2d_e}{\pi} \right) \left\{ \prod_{a=1}^{i-1} (b(s)_a) \right\}^{-1}. \quad (5)$$

Із аналізу рівняння (5) видно, що визначення ймовірності виділення часток звелось до визначення розрахункової ширини щілини для кожного із елементарних шарів. Виділення часток із першого шару відбудеться через час  $t$ , після того як забезпечаться умови їх проходження. Так як частки проходять крізь щілини решета під дією сили тяжіння, то  $t = \sqrt{2 \cdot d_e / g}$ , а для  $i$ -того елементарного шару  $t_i = \sqrt{2 \cdot i \cdot d_e / g}$ .

Якщо проаналізувати процес проходження часток, то з першого шару пройдуть крізь щілину тільки ті, для яких відбулися умови виділення на певній довжині щілини  $S_1 \leq (S_k - V \cdot t_1)$ . Тоді для першого шару значення  $b(s)_1$  визначиться як  $b(s)_1 = b_0 + 2(b_k - b_0) \cdot V \cdot t_1$ , а для часток  $i$ -того шару

$$b(s)_i = b_0 + 2(b_k - b_0) \cdot V \cdot \sqrt{2 \cdot i \cdot d_e / g}. \quad (6)$$

Наведені рівняння дають можливість визначити умови проходження тільки однакових за розмірами часток, врахувати розмірну характеристику зернової суміші в даній моделі неможливо. Для урахування розмірної характеристики зернової суміші введемо коефіцієнт  $\chi$ , відношення середнього розміру щілини решета  $b_{cp}$  до відхилення  $C_{cp}$  від неї відповідних розмірів часток

$$\chi = b_{cp} / C_{cp}, \quad (7)$$

де  $C_{cp}$  – середньостатистичний розмір часток,  $C_{cp} = \frac{\sum C_i \cdot a_i}{\sum a_i}$ .

$$P^i = \frac{1}{T} \prod_{a=1}^i (b(s)_i - \frac{2\chi d_e}{\pi}) \{ \prod_{a=1}^{i-1} (b(s)_a) \}^{-1}. \quad (8)$$

Ступінь розділення оброблюваного матеріалу

$$\varepsilon = 1 - e^{-\mu S}, \quad (9)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт сепарації.

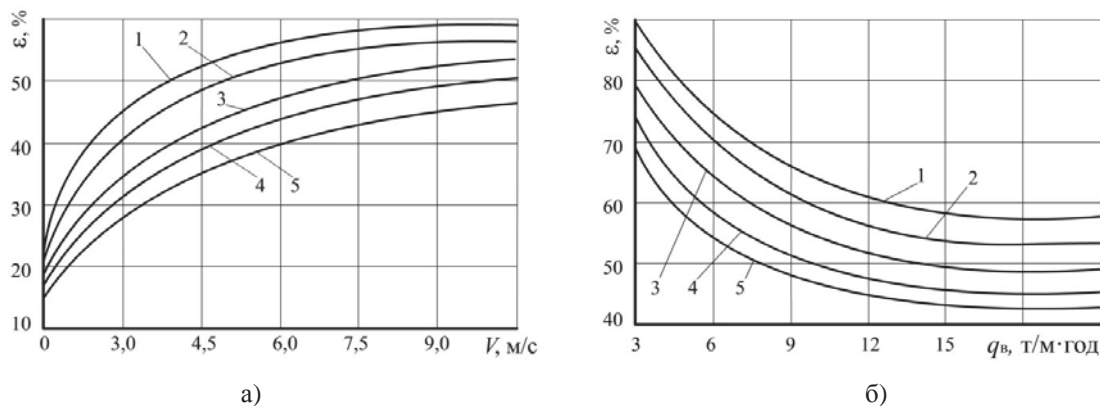
$$\mu = \frac{P^i}{V \cdot t_i}. \quad (10)$$

З урахуванням формули (9) довжина решета

$$S = \frac{1}{\mu} \ln\left(\frac{1}{1-\varepsilon}\right). \quad (11)$$

Сумісне рішення рівнянь (1), (7), (8), (10), (11) дозволяє визначити необхідні параметри решета з щілинами непостійного розміру.

Аналіз графічних залежностей, виконаних при  $q_e = 6,2$  т/м·год,  $f = 0,3$ ,  $\gamma = 750$  кг/м<sup>3</sup>,  $b_0 = 2,0$  мм,  $b_k = 2,2$  мм,  $d_c = 1,5$  мм,  $V_0 = 3,8$  м/с;  $\Theta_0 = 0$  град., масовій долі кожного компонента 20% (рис. 4а) показує, що із зміною початкової швидкості повнота виділення часток різних розмірів відбувається по-різному. При збільшенні швидкості ефективність виділення часток всіх розмірів спочатку збільшується, а потім зменшується. Збільшення швидкості сприяє розтягуванню шару зерна, що зменшує його висоту. При збільшенні питомого навантаження повнота виділення різних компонентів зменшується (рис. 4, б).



1 –  $d_e = 1,2$  мм; 2 –  $d_e = 1,5$  мм; 3 –  $d_e = 1,7$  мм; 4 –  $d_e = 1,8$  мм; 5 –  $d_e = 2,0$  мм

Рисунок 4 – Залежність повноти виділення компонентів від швидкості руху часток а) і питомого навантаження б)

Джерело :розроблено авторами

**Висновки.** Встановлено, що застосуванням в зерноочисних машинах решіт з щілинами непостійного розміру можна досягти значного зменшення енергетичних витрат на процес сепарації і забезпечити їх самоочищення без застосування додаткових пристроїв. Теоретично обґрунтовано аналітичні зв'язки технологічних характеристик процесу сепарації зерна і конструктивних параметрів решета з щілинами непостійного розміру. На основі елементів теорії ймовірності виконано обґрунтування параметрів запропонованого решета залежно від заданого питомого навантаження і необхідної ефективності сепарації.

Випробування показали, що такі решета дозволяють зменшити металоємність зерноочисних машин на 12-14 %, а якість очищення підвищити 10-12%.

## Список літератури

1. Держстат підтвердив урожай зернових на рівні 70 млн. тонн – Мінагропрод. InterFax – Україна. Інформаційне агентство: веб-сайт. URL: <https://ua.interfax.com.ua/news/economic/575736.html> (дата звернення: 22.06.2019).
2. Сало В.М., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В. Технічне забезпечення підготовки зерна до зберігання: монографія. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2014, 148 с.
3. Завгородний А.И. Дюндик СМ., Романов В.А. О влиянии рабочих органов очистителей на пропускную способность решёт. *Сборник научных трудов Харьковского государственного аграрного университета. Технология производства и конструирование сельскохозяйственных машин.* 1997. Вип. 38. 70-78.
4. Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаючі технології вирощування сільськогосподарських культур. *Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Механізація та електрифікація сільського господарства.* 2010. Вип. 94. С. 126–133.
5. Тищенко Л.Н., Ольшанский В.П., Ольшанский С.В. Виброрешетная сепарация зерновых смесей. Харків: Міськдрук, 2011. 280 с.
6. Котов Б.І. Деревенько І.А. Степаненко С.П. Дослідження ефективності сепарації зернових матеріалів на ступінчасто-конічному решеті вібровідцентрових машин. *Вібрації в техніці та технологіях.* 2017. № 2 (85). С. 99-102.
7. Kyurchev S., Kolodiy A. Analysis of existing methods and means for the separation of seeds. *Motrol. Commission of motorization and energetic in agriculture.* 2013. Vol. 15, №2. P. 197-204.
8. Dudarev I., Kirchuk R. (2017), Simulation of bulk materials separation process in spiral separator. *INMATEH – Agricultural Engineering.* Vol. 53, no. 3. pp. 57-64.
9. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. Киев: Изд-во УСХА, 1960. 283 с.
10. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики: практ. пособие. Киев: Изд-во УСХА, 1992. 512 с.
11. Бакум М.В., Ольшанський В.П., Крекот М.М. Закономірності руху часток в квазі горизонтальному каналі. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.* 2014. Вип. 148. С. 90-97.
12. Завгородний А.И., Обыхвост А.В. К исследованию движения частиц округлой формы по рабочим поверхностям машин. *Зб. наук. пр. Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка. Динаміка та міцність машин, будівель і споруд.* 2009. №25, т. 3. С. 119-125
13. Математична модель руху зернової суміші в циліндричному решеті, що обертається навколо осі / М.М. Науменко, С.П. Сокол, Д.В. Філіпенко, В.О. Гурідова. *Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць.* Дніпропетровськ: ІГТМ НАНУ, 2017. Вип. 133. С. 250-256.
14. Авдеев Н.Е. Новый принцип сепарирования зернистых материалов. *Механизация и электрификация сельского хозяйства.* 1987. №10. С. 24-27.
15. Решітний сепаратор: пат. № 29822 Україна: МПК В07В 13/04 № 97073883; заявл. 22.07.97; опубл. 15.11.2000, Бюл. №8.
16. Лузан П.Г., Лузан О.Р., Петренко Д.І. Обґрунтування параметрів решета для сепарації зерна. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровогр. нац. техн. ун-ту.* 2016. Вип. 29. С. 46-53.



## References

1. Derzhstat pidtverdvyv urozhai zernovykh na rivni 70 mln. tonn – Minahroprod. (2019) [Gosstat has confirmed the harvest of grain at the level of 70 million tons - Minagroprod]. InterFax – Ukraina. Informatsiine ahentstvo: veb-sait. URL: <https://ua.interfax.com.ua/news/economic/575736.html> [in Ukrainian].
2. Salo, V.M., Luzan, P.H. & Bohatyrov, D.V. (2014). *Tekhnichne zabezpechennia pidhotovky zerna do zberihannia: monohrafiia [Technical support for preparing grain for storage]*. Kirovohrad: SPD FO Lysenko V.F. [in Ukrainian].
3. Zavhorodnyi, A.Y. Diundyk, S.M. & Romanov, V.A. (1997) O vlyianny rabochykh orhanov ochystytelei na propusknuiu sposobnost reshyt [On the influence of the working bodies of cleaners on throughput capacity]. *Sbornyk nauchnykh trudov Kharkovskoho hosudarstvennoho ahrarnoho unyversyteta. Tekhnolohyia proyzvodstva y konstruyovanye selskokhoziaistvennykh mashyn, Vol. 38, 70-78* [in Russian].
4. Shmat, S.I. & Luzan, P.H. (2010) Resursozberihaiuchi tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur. [Surso-growing technologies for growing crops]. *Mizhvidomchy tematychnyi naukovyi zbirnyk. Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva, Vol. 94, 126-133.* [in Ukrainian].
5. Tyshchenko, L.N., Olshanskyi, V.P. & Olshanskyi, S.V. (2011). *Vybreshetnaia separatsiia zernovykh smesei [Vibration sieve separation of grain mixtures]*. Kharkiv: Miskdruk [in Russian].
6. Kotov, B.I., Derevenko, I.A. & Stepanenko, S.P. (2017). Doslidzhennia efektyvnosti separatsii zernovykh materialiv na stupinchasto-konichnomu resheti vibroidtsentroykh mashyn [Investigation of the efficiency of separation of grain materials on the step-conical grid of vibrocentric machines]. *Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh, Vol. 2(85), 99-102.* [in Ukrainian].
7. Kyurchev, S. & Kolodiy, A. (2013). Analysis of existing methods and means for the separation of seeds. *Motrol. Commission of motorization and energetic in agriculture. Vol. 15, 2, 197-204.* [in English].
8. Dudarev, I. & Kirchuk, R. (2017). Simulation of bulk materials separation process in spiral separator. *INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 53, 3, 57-64.* [in English].
9. Vasylenko, P.M. (1960). *Teoriya dvyzheniya chastytsy po sherokhovatym poverkhnostiam selskokhoziaistvennykh mashyn [The theory of motion of a particle on rough surfaces of agricultural machines]*. Kiyv: Yzdatelstvo USKhA [in Russian].
10. Zayka P.M. (1992). *Yzbrannye zadachy zemledelcheskoi mekhaniky [Selected tasks of agricultural mechanics]*. Kiyv: Yzdatelstvo USKhA. [in Russian].
11. Bakum, M.V., Olshanskyi, V.P. & Krekot, M.M. (2014). Zakonomirnosti rukhu chastok v kvazi horyzontalnomu kanali [Patterns of motion of particles in a quasi horizontal channel]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka. Vol. 148, 90-97.* [in Ukrainian].
12. Zavhorodnyi, A.Y. & Obykhvost, A.V. (2009). K yssledovaniyu dvyzheniya chastyts okruhloi formy po rabochym poverkhnostiam mashyn [To study the movement of particles of rounded shape on the working surfaces of machines]. *Zbirnyk naukovykh prats Poltavskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu im. Yu. Kondratiuka. Dynamika ta mitsnist mashyn, budivel i sporud, Vol.25, 3, 119-125.* [in Russian].
13. Naumenko, M.M., Sokol, S.P., Filipenko, D.V. & Huridova, V.O. (2017). Matematychna model rukhu zernovoi sumishi v tsylindrychnomu resheti, shcho obertaietsia navkolo osi [Mathematical model of motion of a grain mixture in a cylindrical grid rotating around the axis]. *Heotekhnichna mekhanika: Mizhvidomchy zbirnyk naukovykh prats, Vol. 133, 250-256.* [in Ukrainian].
14. Avdeev, N.E. (1987). Novyi pryntsyyp sepanyrovannia zernistykh materyalov [The new principle of separation of granular materials]. *Mekhanyzatsiia y elektryfikatsiia selskoho khoziaistva. Vol. 10, 24-27.* [in Russian].
15. Reshitnyi separator (2000). [Lattice Separator]: pat. № 29822 Ukraina: MPK V07V 13/04 № 97073883; zaiavl. 22.07.97; opubl. 15.11.2000, Vol. 8. [in Ukrainian].
16. Luzan, P.H., Luzan, O.R. & Petrenko, D.I. (2016) Obgruntuvannia parametriv resheta dlia separatsii zerna [Substantiation of the sieve parameters for grain separation]. *Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytsvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia, Vol. 29, 46-53.* [in Ukrainian].

**Petro Luzan**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ruslan Kisilyov**, PhD tech. sci., **Olena Luzan**, PhD tech. sci.  
*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **Substantiation of Sieve Parameters with Slits of Unstable Size**

The purpose of the work is to develop a design of a sieve with slits of unstable size for the separation of grain mixtures, the justification of its parameters depending on the given specific load and the necessary separation efficiency and the establishment of analytical connections of the technological characteristics of the separation process with the structural parameters of the sieve.

In the work on the basis of the elements of probability theory a mathematical model of separation of grain mixtures on the sieve with slits of non-constant size is developed. The justification of the parameters of the proposed grids is performed depending on the given specific load and the required separation efficiency. Analytical relations of technological characteristics of the separation process and structural parameters of the sieve are established. The method of determining the speed of movement, the required length of the sieve and the coefficient of reduction, which takes into account the dimensional characteristic of the grain material, is proposed. With the increase in the velocity of grain, the completeness of the selection of particles of different sizes occurs in different ways. With an increase in the speed of the grain mixture, the efficiency of the selection of particles of all sizes initially increases. This is due to the fact that the increase in speed contributes to the stretching of the layer of grain mixture and its height decreases. This improves the completeness of particle separation. Further decreases, because the particles that could stand out, do not have time to move to the slits of the sieve. With an increase in the specific load, the completeness of the selection of particles of all sizes is reduced. Better to separate small particles, therefore, when separating cereal mixtures with high content of large impurities, specific loads need to be reduced

It has been established that using grate-cleaning machines with gratings of non-constant size can achieve a significant reduction of energy costs for the separation process and ensure their self-cleaning without the use of additional devices. The material content of grain cleaning machines created on the basis of such grills is reduced by 10-12% compared to existing machines, and the quality of cleaning is increased by 14-16%.

**sieve, grain cleaning, grain cleaning machine, separation efficiency**

*Одержано (Received) 30.06.2019*

*Прорецензовано (Reviewed) 10.10.2019*

*Прійнято до друку (Approved) 23.12.2019*

**УДК 631.539.3 2**

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.154-160>

**Л.Г. Малай**, доц., канд. техн. наук, **В.Ф. Горобец**, доц., канд. техн. наук,  
**А.Т. Попескул**, доц., канд. пед. наук

*Государственный аграрный университет Молдовы, Кишинёв, Молдова*  
*e-mail: leondanus@mail.ru, gorobet@uasm.md, popescula@mail.ru*

## **Восстановление подшипниковых узлов скольжения полиамидоэпоксидными композиционными материалами**

Целью работы является изучение трибологического поведения полиамидоэпоксидных композиционных материалов (ПЭКМ), в зависимости от концентрации отдельных компонентов. В качестве объекта исследования были выбраны трибологические пары металл-ПЭКМ, наполненные стеклянными микросферами и другими материалами.

**базальтовое волокно, коэффициент трения, стеклянные микросферы, дисульфид молибдена, Полиамид-12**

© Л.Г. Малай, В.Ф. Горобец, А.Т. Попескул, 2019