

УДК 631.362

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2022.52.73-80>

О.М. Васильковський, проф., канд. техн. наук, **С.М. Лещенко**, доц., канд. техн. наук, **Д.І. Петренко**, доц., канд. техн. наук, **С.М. Мороз**, доц., канд. техн. наук, **О.В. Нестеренко**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: olexa74@ukr.net*

Попередні дослідження пасивного струнного решета

У статті викладені результати досліджень роботи моделі оригінального струнного решета. На основі аналізу наукових праць сформульовано гіпотезу щодо підвищення ефективності сепарації зерна і зниження енергетичних витрат шляхом використання струнних пасивних решіт з шнурів Дупеєта. Попередні дослідження моделі підсівного решета були проведені шляхом реалізації плану повного факторного експерименту. Встановлено працездатність і виявлені основні показники роботи оригінального решета. Виявлені недоліки конструкції і сформульовані завдання для подальших досліджень.

зерно, зернова суміш, зерноочисна машина, струнне пасивне решето, живий переріз, ефективність сепарації, питома продуктивність, кут нахилу

Постановка проблеми. Підвищення продуктивності та якості решітного очищення зернового вороху дозволяє запобігти його псуванню під час зберігання та отримати якісний продукт, що містить мінімальну кількість сторонніх домішок, з максимальною ефективністю. Ефективність роботи зерноочисних машин оцінюють багатьма показниками, серед яких виділяють показники технологічної ефективності – продуктивність машини, повноту розділення і чіткість сепарації, експлуатаційні – надійність, безвідмовність тощо. Саме на підвищення зазначених характеристик спрямовані основні зусилля науковців. Однак, серед важливих показників роботи зернових сепараторів ще є енергетичний, який може суттєво впливати на собівартість обробки продукції і, особливо, в умовах енергетичної кризи є достатньо вагомим мотиватором при виборі техніки її кінцевим споживачем.

Енергетика зерноочисних машин складається з кількох чинників: енерговитрати на виконання основних операцій – роботу аспірації, решітної частини тощо і додаткових операцій – завантаження зерна, його транспортування в межах зерноочисної машини і вивантаження розділених компонент. Мінімізація енерговитрат додаткових операцій є цілком зрозумілою і достатньо обґрунтовано реалізується в більшості сучасних машин. Зниженню енерговитрат на проведення основних операцій, зокрема, решітного очищення зерна при забезпеченні високих показників технологічної ефективності, на нашу думку, слід приділити увагу, оскільки це є актуальним питанням сьогодення і найближчого майбутнього.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що найвищих показників ефективності розділення зернових матеріалів досягають решітні сепаратори п'ятого покоління [1]. Вони оснащені активними або пасивними решетами з активаторами, розділення зернового матеріалу на яких здійснюється в полі дії суттєвих інерційних сил при показниках кінематичного режиму $K \gg 1$, причому, в деяких конструкціях значення показника $K > 300$ [2, 3]. Решітні сепаратори 1-4 поколінь мають нижчі показники ефективності розділення [4-13] але мають при цьому нижчу енергетику [14]. Найменші

показники питомих енерговитрат роботи мають сепаратори першого покоління – встановлені під великим кутом до горизонту нерухомі решета. Попри низьку енергетику вони мають, часто, недостатню ефективність розділення зернових сумішей, оскільки характеризуються рядом недоліків – слабкою активністю шарів на решеті, відсутністю пристроїв для очищення робочих отворів від забивань, а також малою площею живого перерізу [15-16].

Збільшення площі живого перерізу досягається використанням пруткових (рис. 1) решіт [17], які являють собою зварну або роз'ємну конструкцію, утворену сталевим дротом малого діаметру (2...4 мм). При цьому повздовжні елементи (дріт) має круглий профіль перерізу, що сприяє орієнтації зернового матеріалу вздовж отворів, прискорюючи процес сепарації, відсутні гострі краї отворів, що запобігає пошкодженню насіння, а поперечні перетинки отворів розміщені нижче повздовжніх, що не чинить суттєвого опору переміщенню часток вздовж решета.

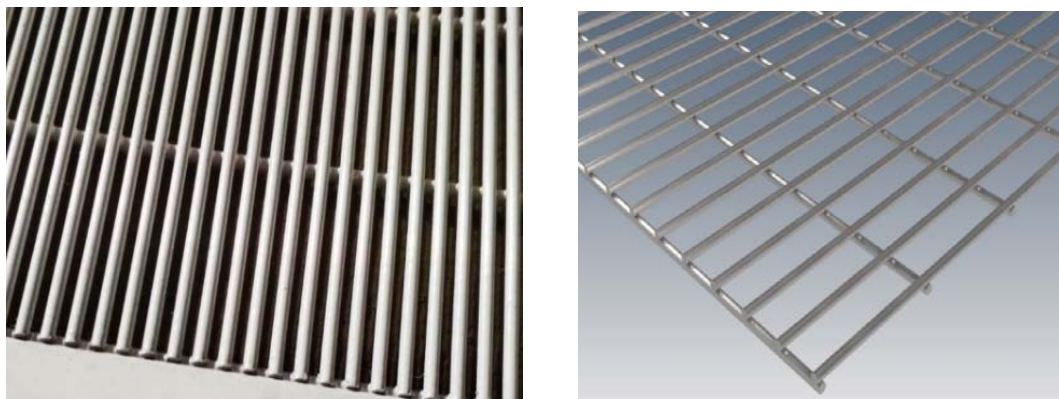


Рисунок 1 – Пруткові решета зернових сепараторів

Джерело: [17]

Збільшення живого перерізу решіт можливе шляхом подальшого зменшення діаметрів повздовжніх елементів і зменшення кількості або видалення з конструкції поперечних, однак це викликає складнощі технічного, технологічного та експлуатаційного характеру. Зокрема, втрачається жорсткість конструкції і решето може деформуватися під дією несуттєвих робочих навантажень.

Вирішення даної проблеми вдалося здійснити шляхом створення струнних решіт (рис. 2), оснащених поперечними перетинками або без них [11, 18]. Діаметри натягнутих сталевих повздовжніх перетинок (струн) становлять близько 1 мм, що суттєво збільшує живий переріз решіт, особливо, підсівних.

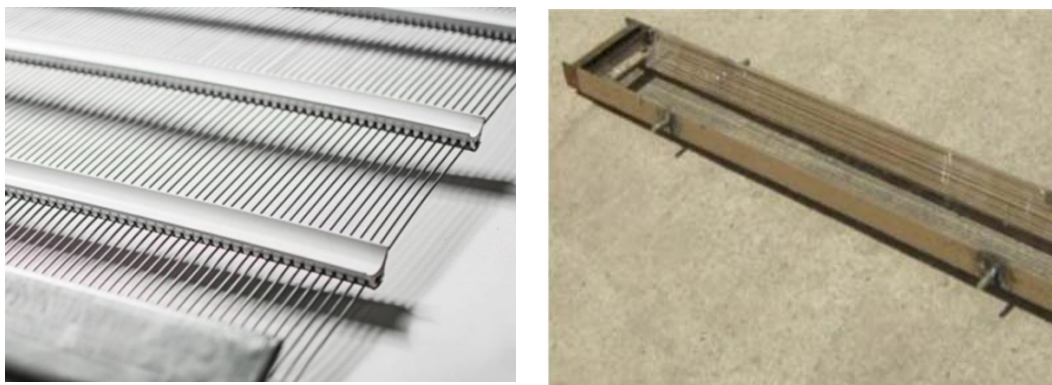


Рисунок 2 – Струнні решета зернових сепараторів

Джерело: [11, 18]

В роботі [19] наведені міркування щодо інтенсифікації решітного сепарування зернових сумішей шляхом застосування струнних решіт, що мають тільки повздовжні перетинки (струни). Отримані залежності (рис. 3) говорять про необхідність збільшення площі живого перерізу решета шляхом зменшення діаметрів повздовжніх перетинок, зокрема, за рахунок використання шнурів з надвисокомолекулярних поліетиленів Spectra/Dyneema, які характеризуються високою зносостійкістю і міцністю при «абсолютній» нерозтяжності.

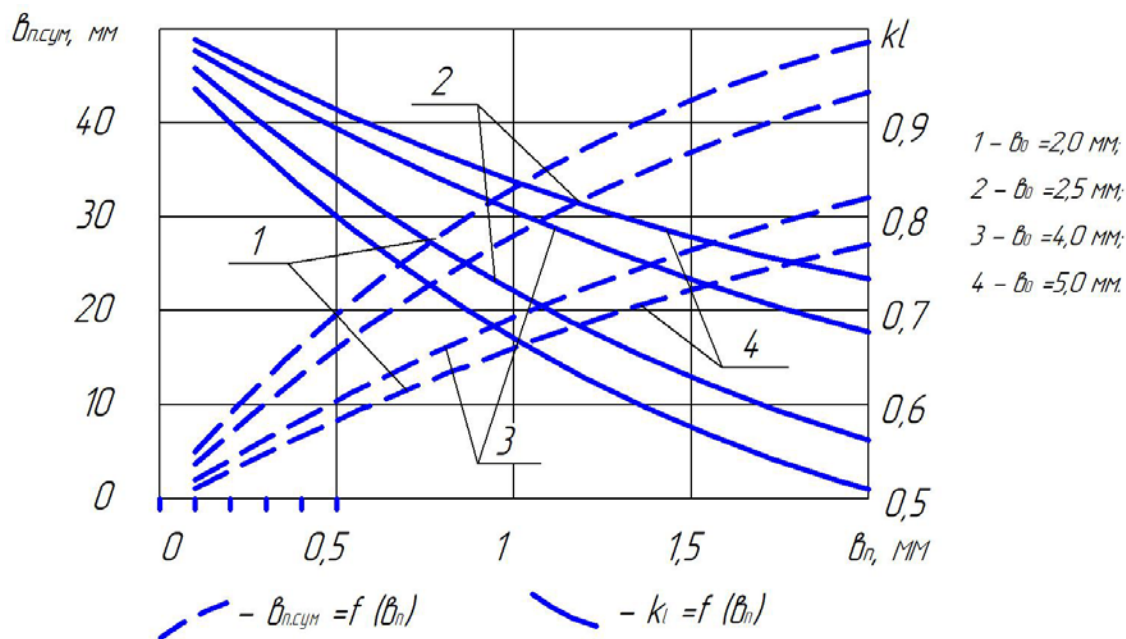


Рисунок 3 – Залежності сумарної ширини повздовжніх перетинок і коефіцієнта живого перерізу решіт шириною 100 мм від діаметрів повздовжніх перетинок для робочих поверхонь з різними розмірами отворів b_0

Джерело: розроблено авторами

При цьому експериментальній перевірці висловлена гіпотеза не проходила і реальних даних щодо ефективності роботи запропонованого струнного решета немає.

Постановка завдання. Актуальним завданням даного дослідження є оцінка працездатності і виявлення основних показників технологічної ефективності роботи нерухомого решета, оснащеного синтетичними струнами надмалого діаметру.

Виклад основного матеріалу. На кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету було розроблено модель оригінального струнного решета і виготовлено лабораторну установку (рис. 4) для проведення експериментальних досліджень.

Модель струнного решета (рис. 5) має довжину – 100 мм, ширину – 50 мм, діаметр струн – 0,13 мм, матеріал струн – плетений шнур *Dyneema* зі статичним розривним зусиллям 8,6 кг, розмір отворів решета – 2,0 мм, зерновий матеріал – післякомбайновий ворох озимої пшениці урожаю 2022 року природньої засміченості.

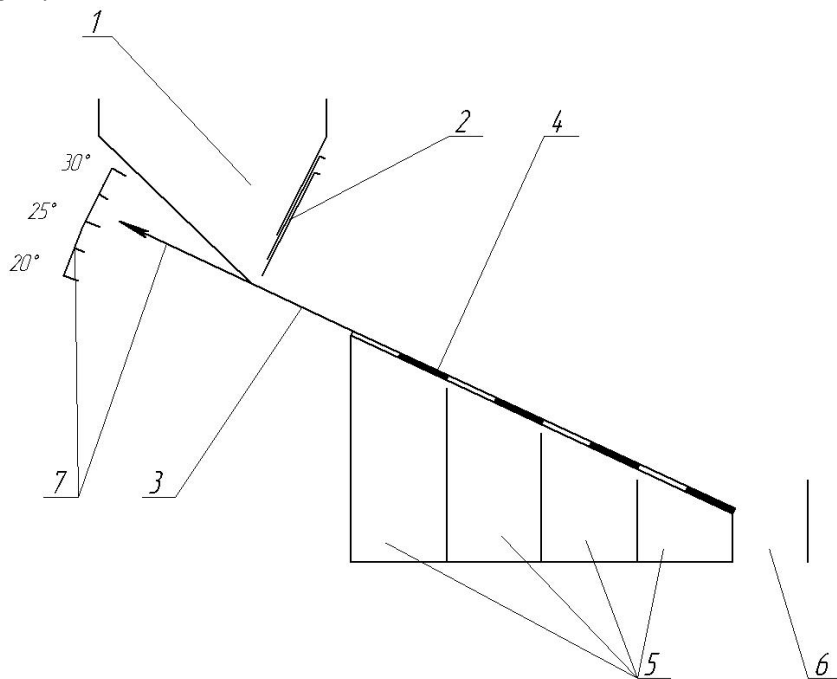
Надмалий діаметр струн збільшує живий переріз решітного полотна, що в нашому випадку, при робочій ширині отворів 2 мм і діаметрі струн 0,13 мм становить близько 97% від загальної ширини. При цьому розривне зусилля кожної струни сягає понад 8 кг і дозволяє створити потрібний натяг.

Першим етапом досліджень було проведення оцінки працездатності і виявлення основних показників технологічної ефективності роботи нерухомого решета, оснащеного синтетичними струнами надмалого діаметру.

Досліди було вирішено проводити у формі факторного експерименту, згідно методики [20].

Попередньо обрані діючі фактори: питома подача зерна пшениці x_1 , кут решета x_2 . Критерієм оцінки було прийнято масу підсіву.

Питома подачу варіювали в межах $80 \dots 160 \text{ кг/дм}^2 \cdot \text{год}$; кут решета змінювали в межах $17 \dots 25^\circ$.



1 – бункер; 2 – дозатор; 3 – напрямник; 4 – дослідне струнне решето; 5 – приймальник підсіву;
6 – приймальник очищеного зерна; 7 – регулятор кута нахилу решета

Рисунок 4 – Схема експериментальної установки

Джерело: розроблено авторами



Рисунок 5 – Фрагмент моделі решета зі струнами з плетеного шнура *Duneeta*

Джерело: розроблено авторами

В результаті реалізації плану ПФЕ 2^2 нами було отримано рівняння регресії, яке дозволило виявити міру впливовості обраних факторів на процес сепарації

$$Y = 40 - 3,8 \cdot x_1 - 12,7 \cdot x_2 + 3,2 \cdot x_1 \cdot x_2.$$

Перевірка отриманої статистичної математичної моделі процесу за критерієм Фішера дозволила встановити адекватність її лінійної частини.

Перевірка коефіцієнтів рівняння регресії за критерієм Стюдента дозволила виявити суттєву впливовість кута нахилу x_2 струнного решета, при цьому питома подача є не впливовою у прийнятному діапазоні інтервалів варіювання.

Поверхня відгуку (рис. 6), побудована за отриманим рівнянням регресії дозволяє візуально оцінити вплив питомої подачі x_1 і кута нахилу решета x_2 на масу виділеного підсіву.

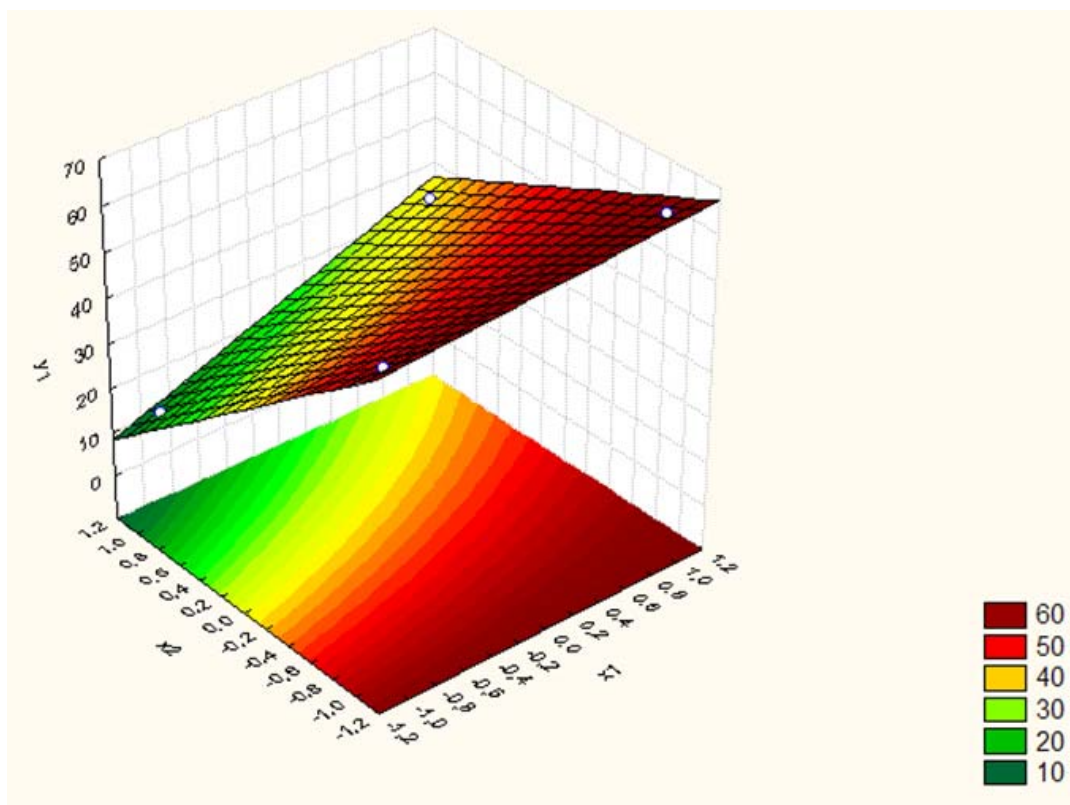


Рисунок 5 – Поверхня відгуку виділеної маси підсіву Y від питомої подачі x_1 і кута нахилу синтетичного струнного решета x_2

Джерело: розроблено авторами

Одержані під час проведення дослідів результати дозволяють підтвердити працездатність роботи сепаратора, оснащеного нерухомим решетом з синтетичними струнами надмалого діаметру. Отримані закономірності свідчать про дещо не класичний загальний характер протікання процесу, що потребує дослідження. В ході дослідів виявлено негативні моменти: нагромадження зерна на решеті і нестійкість сепарації при мінімальному куті нахилу решета і мінімальній подачі при наявності у зерновій масі крупних сторонніх домішок. Крім того, малі розміри моделі не дозволяють в повній мірі розкрити потенційні можливості запропонованої конструкції.

Висновки. Попередні дослідження моделі пасивного решета, оснащеного синтетичними струнами дозволили зазначити наступне.

Фактор, що в ході попередніх дослідів виявився впливовим – кут нахилу при мінімальному значенні не в повній мірі забезпечує гарантовану працездатність, оскільки під час дослідів періодично спостерігалось забивання і нагромадження вороху на сепаруючій поверхні. Збільшення маси виділеного підсіву досягається при зменшенні кута пасивного решета 17° і збільшенні питомої подачі до $160 \text{ кг/дм}^2 \cdot \text{год}$. Зменшення подачі погіршує процес просіювання, особливо, при малому куті нахилу решета, однак, згідно перевірки за критерієм Стюдента, не суттєво. Отримана неklasична залежність може свідчити про недосконалість макету, вплив непередбачених факторів тощо і потребує проведення подальших досліджень.

Список літератури

1. Лузан П.Г., Васильковський О.М. Нові конструкції решіткових сепараторів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 1999. Вип. 27. С. 123-127.
2. Васильковский М.И. Повышение эффективности сепарации зерна на быстровращающемся цилиндрическом решете: автореф. дис... канд. техн. наук. Воронеж, 1987, 24с.
3. Васильковский О.М. Розробка конструкції та обґрунтування параметрів відцентрового решітного сепаратора зерна: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Кіровоград, 2001. 18 с.
4. Ермольев Ю.И. Применение гофрированных подсевных решет для очистки зерновых культур . *Тракторы и сельскохозяйственные машины.* 1984. №6. С. 17-18.
5. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. К.: Урожай, 1990. 194 с.
6. Завгородний А. И., Монтасер Х. Определение рациональной интенсивности колебаний рабочих органов вибросепаратора зерновых смесей. *Инженерия природокористування.* 2015. Вип. 1(3). С. 34-39.
7. Півень М. В. Обоснование процесса сепарирования зерновых смесей плоскими вибрационными решетками. *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture.* Lublin. 2015. Vol.17. №7. С. 163-169.
8. Идентификация скорости прохождения частиц зерновой смеси через отверстия решет вибрационных зерновых сепараторов / Тищенко Л. Н. та ін. *Восточноевропейский журнал передовых технологий.* Вип. 2(7). 2016. С. 63-69.
9. Котов Б. И., Степаненко С. П., Пастушенко М. Г. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2003. Вип. 33. С.53-59.
10. Stanger E.A. Graing - cleaning machinery . *Milling feed and fertiliser.* 1977. Vol. 160. v 8. P. 11-15.
11. Минаев В.Н., Регге Х. Пути повышения производительности зерноочистительных машин . *Техника в сельском хозяйстве.* 1990. №1. С.16-17.
12. Иванов, Н.М. Сепарация зерна на конических решетках с профилированной поверхностью: дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 1988. 171 с.
13. Сисолін П.В., Петренко М.М., Свірень М.О. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння: підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладн. с.-г. вир-ва". Кн. 3. К. : Фенікс, 2007. 432 с.
14. Енергетичний аналіз роботи завантажувальних транспортерів зерноочисних машин загального призначення / С.М. Мороз, О. М. Васильковський, Г. Б. Філімоніхін О. В. Анісімов . *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2012. Вип. 42 (1). С. 106-116.
15. Зерноочистительное оборудование предварительной очистки. URL : <https://ventoprom.com.ua/zernoochistitelnoe-oborudovanie-predvaritelnoj-ochistki/> (дата звернення: 14.09.2022).
16. Авдеев Н.Е., Чернухин Ю.В. Технологические возможности многофракционного гравитационного сепаратора. *Известия ВУЗОВ. Пищевая технология.* 1998. Вип. 4. С. 77-79.
17. Решето Фадеева: пат. 37527: Україна: МПК В07В 1/46. № u200809604; заявл. 22.07.2008; опубл. 25.11.2008, Бюл. № 22.
18. Мороз С.М., Васильковський М.І., Васильковський О.М. Обґрунтування діаметрів стержнів пруткового решета . *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту.* 2004. Вип. 14. С. 72-78.

19. До створення концепції «ідеального» решета зернового сепаратора. / Васильковський О.М., Лещенко С.М., Мороз С.М., Нестеренко О.В. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* 2020. Вип. 50. С. 52-58.
20. Підручник дослідника: навч. посіб. для студ. агротехн. спец. / О. Васильковський, С. Лещенко, К. Васильковська, Д. Петренко. Харків: Мачулін, 2016. 204 с.

References

1. Luzan, P.G. & Vasilkovsky, O.M. (1999). Novi konstrukciyi reshitkovy`x separatoriv [Design, manufacture and operation of agricultural machinery]. *Konstruivannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Issue 27*, 123-127 [in Ukrainian].
2. Vasylovskiy, M. I. (1987). Povyshenie effektivnosti separatsii zerna na bystrovraschayuschemsya tsilindricheskom reshete [Improving the efficiency of grain separation on a rapidly rotating cylindrical sieve]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Voronezh [in Russian].
3. Vasylovskiy, O.M. (2001). Rozrobka konstruktsii ta obgruntuvannia parametriv vidtsentrovoho reshitnoho separatora zerna [Development of design and substantiation of parameters of centrifugal sieve grain separator]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kirovohrad [in Ukrainian].
4. Ermolev, Yu.I. (1984). Primenenie gofirovannykh podsevykh reshet dlya ochistki zernovykh kultur [The use of corrugated under-sowing sieves for cleaning grain crops]. *Traktory i selskohozyajstvennye mashiny – Tractors and agricultural machines*, 6, 17-18. [in Russian].
5. Komarystov, V.Iu. & Petrenko, M.M. (1990). *Dovidnyk z mekhanizatsii pisliazbyralnoi obrobky zerna [Handbook of mechanization of post-harvest processing of grain]*. Kiev: Urozhai [in Ukrainian].
6. Zavhorodnyi, A.Y. & Montaser, Kh. (2015). Opredelenye ratsyonalnoi yntensyvnyosti kolebanyi rabochykh orhanov vybroseparatora zernovykh smesei [Determination of rational intensity of oscillations of working organs of vibroseparator of grain mixtures]. *Inzheneriia pryrodokorystuvannia – Nature management engineering, Vol. 1(3)*, 34-39 [in Russian].
7. Piven, M.V. (2015). Obosnovanye protsessa sepyrovaniya zernovykh smesei ploskymy vybratsyonnyimi reshetami [Justification of the process of separation of grain mixtures with flat vibrating sieves]. *Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin, *Vol.17 (7)*, 163-169 [in Russian].
8. Tyshchenko L. N. et al. (2016). Ydentyfikatsiya skorosty prokhozhdenniya chastyts zernovoi smesy cherez otverstiya reshet vybratsyonnykh zernovykh separatorov [Identification of the rate of passage of particles of the grain mixture through the openings of sieves of vibration grain separators]. *Vostochnoevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnolohiyi – Eastern European journal of advanced technologies, Vol. 2 (7)*, 63-69 [in Russian].
9. Kotov, B.I., Stepanenko, S.P. & Pastushenko, M.H. (2003). Tendentsii rozvytku konstruktsii mashyn ta obladnannia dlia ochyshchennia i sortuvannia zerno materialiv [Trends in the design of machinery and equipment for cleaning and sorting grain materials]. *Konstruivannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Issue 33*, 53-59 [in Ukrainian].
10. Stanger, E.A. (1977). Grain - cleaning machinery. *Milling feed and fertiliser, Vol. 160. v 8*, 11-15 [in English].
11. Minaev, V.N. & Regge, H. (1990). Puti povysheniya proizvoditelnosti zernoochistitelnykh mashyn [Ways to increase the productivity of grain cleaning machines]. *Tehnika v selskom hozyajstve – Technology in agriculture, 1*, 16-17 [in Russian].
12. Ivanov, N.M. (1988). Separaciya zerna na konicheskikh reshetah s profilirovannoj poverhnostyu [Separation of grain on conical sieves with a profiled surface]. *Candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
13. Sysolin, P.V., Petrenko, M.M. & Sviren, M.O. (2007). Silskohospodarski mashyny: teoretychni osnovy, konstruktsiia, proektuvannia. Mashyny ta obladnannia dlia pererobky zerna ta nasinnia [Agricultural machinery: theoretical foundations, construction, design. Machines and equipment for grain and seed processing]. Vol. 3. Kyiv: Feniks [in Ukrainian].
14. Moroz, S.M., Vasylovskiy, O.M., Filimonikhin, H.B. & Anisimov, O. V. (2012). Enerhetychnyi analiz roboty zavantazhuvalnykh transporteriv zernoochysnykh mashyn zahalnoho pryznachennia. [Power analysis of the work of the loading conveyors of general cleaning machines]. *Konstruivannja, vyrobnyctvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Issue 42 (1)*, 106-116 [in Ukrainian].

15. Zernoochistitel'noe oborudovanie predvaritel'noj ochistki [Grain cleaning equipment for preliminary cleaning.]. *ventoprom.com.ua*. Retrieved from <https://ventoprom.com.ua/zernoochistitelnoe-oborudovanie-predvaritel'noj-ochistki/>.
16. Avdeev, N.E. & Chernukhyn, Yu.V. (1998) Tekhnologicheskiye vozmozhnosti mnohofraktsyonnoho hravytatsyonnoho separatora. [Technological Capabilities of the Multifraction Gravity Separator]. *Izvestiya VUZOV. Pyshchevaia tekhnolohyia – Izvestiya UZOV. Food technology, Issue 4, 77-79* [in Russian].
17. Resheto Fadieieva [Fadeev sieve]: pat. 37527 Ukraina: MPK B07B 1/46. No u200809604; stated. July 22, 2008; has been published Novemder 25, 2008, Bul. No 22 [in Ukrainian].
18. Moroz, S.M., Vasytkovskiy, M.I. & Vasytkovskiy, O.M. (2004). Obgruntuvannia diametriv sterzhniv prtkovoho resheta [Determination of the diameters of the rods of the bar sieve]. *Tekhnika v sil's'kohospodars'komu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zb. nauk. pr. Kirovohrads'koho nats. tekhn. un-tu – Machinery in agricultural production, industrial engineering, automation: coll. of science avenue of KNTU, Issue 14, 72–78* [in Ukrainian].
19. Vasytkovskiy, O.M., Leshchenko, S.M., Moroz, S.M. & Nesterenko, O.V. (2020). Do stvorennia kontseptsii «idealnoho» resheta zernovoho separatora [To the creation of the concept of the "ideal" grain separator sieve]. *Konstruivannja, vyrobnytstvo ta ekspluatacija sil's'kohospodars'kyx mashyn – Design, manufacture and operation of agricultural machinery, Issue 50, 52-58* [in Ukrainian].
20. Vasytkovskiy, O., Leshchenko, S., Vasytkovska K., Petrenko, D. (2016). Pidručnyk doslidnyka. Navchalnyi posibnyk dlja studentiv ahrotekhnichnykh spetsialnostei [Tutorial of the researcher. A manual for students of agrotechnical specialties]. Kharkiv: Machulin [in Ukrainian].

Oleksii Vasytkovskiy, Prof., PhD tech. sci., **Serhii Leshchenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Dmytro Petrenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci, **Serhii Moroz**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Oleksandr Nesterenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Preliminary Studies of Passive String Sieve

The article presents the results of research into the operation of the model of the original string sieve. The sieve is equipped with synthetic strings made of ultra-small diameter Dyneema braided cord. The purpose of this study is to evaluate the performance and identify the main indicators of the technological efficiency of the proposed fixed sieve installed at an angle to the horizon.

Preliminary studies of the sowing sieve model were carried out by implementing the plan of a full factorial experiment. The experiments were carried out on a model of a seed sieve with holes of 2 mm. In the course of experiments, a post-harvest heap of winter wheat with natural clogging was used. The criterion for evaluating the efficiency of separation is the mass of seeding, and the specific feed and the angle of inclination of the sieve are the operating factors. The operational efficiency was established and the main performance indicators of the model were identified. The statistical mathematical model of the process allows us to assert the linear dependence of the criterion on the operating factors and to obtain a quantitative assessment of their influence on the process of cleaning the grain mixture. The surface of the response of the mass of the selected seeding from the specific loading of a unit of the sieve area and the angle of its inclination is constructed. An analysis of the regression equation and the response surface was carried out, during which design flaws were identified and tasks for further research were formulated.

The factor that was found to be influential in the course of the previous experiments – the angle of inclination at the minimum value does not fully ensure guaranteed performance, since during the experiments clogging and accumulation of piles on the separating surface were periodically observed. An increase in the mass of the selected seeding is achieved by reducing the angle of the passive sieve to 17° and increasing the specific supply to 160 kg/dm² · h. A decrease in feed worsens the sieving process, especially at a small angle of inclination of the sieve, however, according to the Student's test, it is not significant. The resulting non-classical dependence may indicate the imperfection of the layout, the influence of unforeseen factors, etc., and requires further research.

grain, grain mixture, grain cleaning machine, string passive sieve, live section, separation efficiency, specific productivity, angle of inclination

Одержано (Received) 28.10.2022

Прорецензовано (Reviewed) 07.11.2022

Прийнято до друку (Approved) 26.12.2022