

УДК 631.561.6

DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2025.55.173-178>

С.М. Мельник, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
e-mail: stealths1978@gmail.com

Розробка конструкції засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки

Метою роботи є розробка технічної пропозиції експериментального зразку конструкції засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки. Обмежене застосування конструкцій, з використанням морфометричних, трибометричних, електрофізичних, колориметричних характеристик сировини. Найбільше застосування мають модульні конструкції. Додаткові рішення: аеродинамічний стабілізатор, деаунер (розпушувач сировини), способи сортування. Впроваджено вертикальний канал, деаунер, аеростабілізатор, живильник з сортуванням у двостадійному середовищі. Впроваджено на 5 підприємствах.

олійна домішка, сортування, вертикальний потік, лабораторія, аналізатор, конструкція, живильник

Постановка проблеми. Техніко-технологічне забезпечення лабораторного визначення кількості олійної домішки у відходах добування рослинної олії залишається нагальною проблемою. Зважаючи на показники олійної домішки, яка є сумішшю 9 фракцій, зазначено, що суміш відноситься до важкороздільних. При максимальному відсотку олії у відходах до 33% маємо констатувати, що за концепцією «циркулярної економіки» такі відходи мають ресурсну цінність [1]. Але для першого етапу використання такого сировинного джерела ще відсутнє належне техніко-технологічне забезпечення, до якого відносяться аналізатори відсотку олійної домішки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки мають обмежене застосування рішення конструкції з використанням морфометричних, трибометричних, електрофізичних, колориметричних характеристик сировини, а також засновані на явищах пружності [2].

Найявні лабораторні конструкції решітного способу взаємодії збіжжя та робочого органа знайшли широке застосування при визначенні засмічення зернової суміші, але цей тип обладнання не спроможний зробити розподіл відходів на фракції [3].

Відома конструкція лабораторного засобу визначення засміченості збіжжя, який конструктивно виконано у вигляді колони, в якій поєднані модулі пневматичного, повітряного, аеродинамічного та аспіраційного способу поділення зернової суміші [4]. Цей тип обладнання має низку недоліків при сепарації відходів збіжжя на фракції, подолати які можливо застосуванням додаткового лабораторного обладнання, як то повітряну війку, сушильну шафу для забезпечення сипкості відходів та інше лабораторне обладнання. Позитивним конструктивним рішенням є обладнання зони розподілення фракцій ілюмінаторами для візуального контролю процесу розділення.

На доцільність конструкції з застосуванням пневматичного, повітряного, аеродинамічного та аспіраційного способу поділення зернової суміші у вертикальному висхідному повітряному потоку звертали увагу вітчизняні науковці [5].

Відомі дослідження сортувальних каналів різної конструкції, у вертикальному, горизонтальному та похилому повітряному потоці, з круглим, прямокутним, квадратним перерізом, зі змінним перерізом, з додатковими аеродинамічними елементами, як то затулки, перегородки, жалюзі та інше, але автори дійшли висновку про доцільність квадратного перерізу розмірами меншими 30x30 см.

Деякі конструкції сортувального каналу обладнані аеродинамічним стабілізатором повітряного потоку та мають мінімальний показник шорсткості [6].

Постановка завдання. Основним завданням роботи є розробка технічної пропозиції експериментального зразка конструкції засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки [7].

Виклад основного матеріалу.

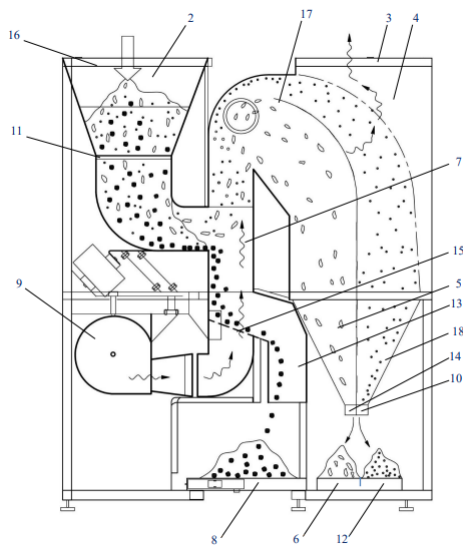


Рисунок 1 – Технологічна схема аналізатора

Джерело: розроблено автором

Робота аналізатора пояснюється технологічною схемою на рисунку 1. Фракція відходів через воронку 2 самопливом завантажується та зважуються вагами сировини 16. Вмикається вентилятор 9 та живильник 11. Повітряний потік проходить через аеродинамічний стабілізатор 15, де набуває ламінарної течії. Відходи завантажуються у живильник 11, де під дією віброінерційного впливу переміщуються у напрямку сортувального каналу 7. Під дією сил суміш переходить у псевдорозріджений стан, піддається стратифікації по горизонтальній площині живильника 11 відповідно до щільності компонентів суміші та переміщується у напрямку до виходу із живильника 11. Із живильника суміш потрапляє до сортувального каналу 7.

Живильник 11 оснащений деаунером (розпушувачем) у верхній частині для можливості використання способу сортування у текучому двостадійному середовищі [8].

У початковій фазі введення сировини вона зависає під дією висхідного повітряного потоку, що запобігає ущільненню насіння під дією сили тяжіння, результатом якого є різке зниження внутрішнього тертя, що призводить у наступній фазі до покращення умов подальшого розшарування за ознакою щільності та активному переміщенню щільних частинок невеликих розмірів у нижній шар суміші. Щільний шар суміші опускається вниз у напрямку до аеродинамічного стабілізатора 15 та під дією струменів повітря, які створюють силову спрямованість під кутом до вертикальної осі сортувального каналу 7, переміщується у напрямку до патрубку 13. Щільна фракція самопливом поступає на ваги 8 для зважування.

Під дією повітряного потоку аспіраційний пил, компоненти суміші, які виносяться повітряним потоком та компоненти, які відрізняються аеродинамічними характеристиками, підіймаються по сортувальному каналу 7, де відбувається стратифікація залишкових фракцій вздовж стінки сортувального каналу 7. Для досягнень значень критичної швидкості повітряного потоку для кожної фракції суміші, сортувальний канал має змінний перетин, за рахунок чого швидкість потоку дорівнює критичній швидкості вітання окремої фракції компоненту суміші, що дає змогу розподілити залишкову суміш на окремі фракції у сортувальному каналі 7. Фракція, яка

вноситься повітряним потоком, розшаровується та концентрується біля стінки з меншим радіусом викривлення стінки сортувального каналу 7. При досягненні меж закінчення повітряного сортування, виконано подвійне розширення сортувального каналу 7, де швидкість повітряного потоку зменшується до рівня меншого, ніж значення критичної швидкості повітряної фракції, та повітряна фракція самопливом відводиться до осаджувальної камери 4.

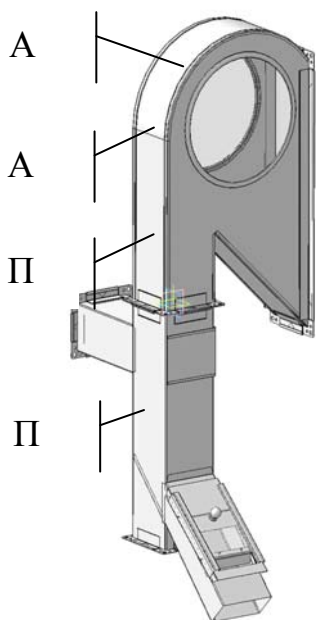


Рисунок 2 – 3D модель сортувального каналу

Джерело: розроблено автором

Фракція, яка вноситься за рахунок аеродинамічних властивостей, залишається у стратифікованому поздовжньому шарі між центром потоку та стінкою сортувального каналу 7, але після відведення повітряної фракції аеродинамічна та аспіраційна фракції продовжують рух вздовж стінки сортувального каналу 7 з найбільшим радіусом викривлення. Радіус викривлення верхньої стінки сортувального каналу 7 підібраний таким чином, щоб швидкість повітряного потоку, яка задається викривленням стінки сортувального каналу 7, була нижча критичної швидкості аеродинамічної фракції, і при таких умовах аеродинамічна фракція осаджується у бункер для повітряної фракції 5.

Аналізатор має можливість визначення щільної фракції окремо, та також суми повітряної, аеродинамічної та аспіраційної фракцій, тобто легких фракцій. У разі необхідності одержання інформації про кількість повітряної фракції окремо від щільної та окремо від аеродинамічної фракції, бункер для повітряної фракції 5 додатково оснащений розподільною перегородкою 17 для відокремлювання аеродинамічної фракції від повітряної фракції. Патрубок виходу повітряної фракції 14 має можливість вивантаження на ваги повітряної фракції 6, а патрубок виходу аеродинамічної фракції 10 має можливість вивантаження аеродинамічної фракції на ваги для аеродинамічної фракції 12. Аспіраційна фракція осаджується у фільтрі - запобіжній сітці 3.

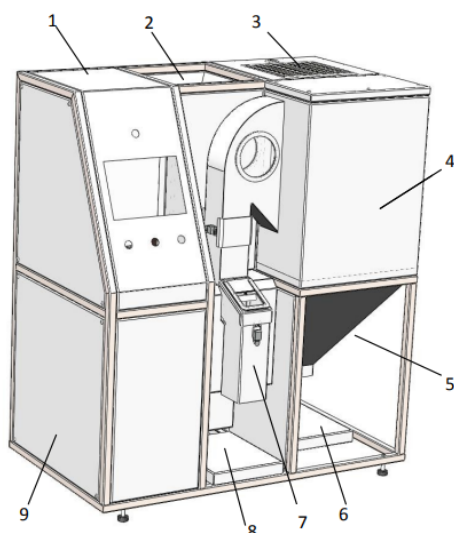


Рисунок 3 – 3D модель конструктивної схеми аналізатора

Джерело: розроблено автором

На рисунку 2 зображена 3D модель сортувального каналу. Розміри поперечного перерізу 80x80 мм, як визначено результатами моделювання [9]. Сортувальний канал має 4 модуля, у яких реалізується різні способи взаємодії сировини з робочим середовищем: пневматичний (ПН), повітряний (ПВ), аеродинамічний (АД) та аспіраційний (АС) модулі [10].

На рисунку 3 зображена 3D модель конструктивної схеми аналізатора, склад і функціональні параметри якого визначені результатами дослідження.

Конструктивно аналізатор виконаний у наступному складі: пульт керування 1 з вбудованим промисловим комп'ютером, завантажувальна воронка 2 для сировини,

запобіжна сітка 3, осаджувальна камера 4, бункер для повітряної фракції 5, ваги 6, сортувальний канал 7, ваги 8, вентилятор 9.



Рисунок 4 – Експериментальна модель №1

Джерело: розроблено автором



Рисунок 5 – Експериментальна модель №2

Джерело: розроблено автором



Рисунок 6 – Експериментальна модель №3 [11]

Джерело: розроблено автором

Завдання, яке вирішувалось при розробці експериментальної моделі №1 (рис. 4) – це визначення конструктивно-технологічних та режимних параметрів сортувального каналу, оптимізація його параметрів, напрацьованих при вивченні поточного стану проблеми та побудові наукової гіпотези, перевірка даних теоретичних досліджень та отриманих експериментальних залежностей вмісту смітєвої домішки в суміші і вмісту олійної домішки від його значень повітряного потоку, частоти і амплітуди вібраційного збудження, кута нахилу аеродинамічного стабілізатора, довжини та перерізу сортувального каналу, тривалості аналізу, кількості сміття та олійної домішки у суміші насінин, що надало змогу обґрунтувати раціональні конструктивно-технологічні параметри

Завдання, яке вирішувалось при розробці експериментальної моделі №2 (рис. 5) – це покращення показників безпеки, санітарно-гігієнічних показників обладнання, що має метою використання обладнання у приміщеннях лабораторій, автоматизація вимірювань ваги фракцій, вирішення питань спроможності роботи обладнання у вибухонебезпечних зонах.

Значну увагу було звернено на художньо-естетичну проробку зовнішньої форми, що повинно покращити маркетингову складову проекту при просуванні розробленої конструкції на ринках України та

Головне завдання, яке вирішувалось при розробці експериментальної моделі №3 (рис. 6) – це розробка способів і алгоритмів роботи мехатронної системи керування адаптивним аналізатором домішок насінневої суміші соняшника у складі мехатронної системи керування з метою використання результатів аналізу у системах автоматизованого управління технологічними процесами (АСУТП) та можливість використання результатів аналізу для оперативного налаштування засобів технологічного забезпечення підприємств на раціональні режимні параметри та контроль такого налаштування.

Значний наголос було зроблено на художньо-естетичну проробку конструкції для вирішення завдання патентного захисту розробленого промислового зразка.

Аналізатор обладнаний системами стабілізації електричного живлення та стабілізації частоти для вентилятора та живильника [12].

Висновки. Забезпечення необхідних показників визначення відсотку олійної/зернової домішки може бути досягнуто використанням сортування у вертикальному каналі перемінного поперечного перерізу розміром 80x80 мм з мінімальною шорсткістю внутрішньої поверхні сортувального каналу, з використанням пневматичного, повітряного, аеродинамічного, аспіраційного сортування, додаткового оснащення аналізатора деаунером, аеродинамічним стабілізатором, живильником з використанням способу сортування у текучому двостадійному середовищі.

Аналізатор запроваджено на 5 підприємствах олійно-жирової промисловості України, де він отримав високу оцінку.

Перспективними мають бути подальші модифікації аналізатора з використанням ефектів Коанде, Кармана, Магнуса, пульсуючого повітряного потоку, рішень, напрацьованих пневмонікою, рішень у сфері цифровізації.

Список літератури

1. Кудрявцев, І.М., Луценко, М.В., Мельник, С.М., & Мельник, М.М. Аспекти сталого розвитку підприємства в умовах «циркулярної економіки». *Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна наука та освіта: стан, проблеми, перспективи»* (20-21 березня 2023 р.). Полтава: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка»: С.736–738.
2. Stepanenko S. P., Kotov V. I. Theoretical research of separation process grain mixtures. *TEKA. Commission of motorization and energetics in agriculture: an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering*. Lublin-Rzeszow, 2018. Vol. 18, no 3. Pp. 49.
3. PFEUFFER GmbH. MLN Sample Cleaner: веб-сайт. URL: <https://www.pfeuffer.com/product/mln-sample-cleaner>. (дата звернення: 31.10.2025).
4. HALDRUP DC-20 Densimetric cleaning and sorting column.: веб-сайт. URL: <https://en.haldrup.net/haldrup-products/haldrup-lab-machines/haldrup-dc-20/>. (дата звернення: 31.10.2025).
5. Степаненко С. П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів : дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11/ Глеваха. ННЦ "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", 2011. 362 с.
6. Кудрявцев І.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів аеродинамічного сепаратора для очищення відходів насінневої суміші соняшника : дис. ... док. філ.: 05.05.11. Дніпро, 2025. 227 с.
7. Михайлов, С.В. Методологія обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна (на прикладі півдня України) : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Мелітополь, 2014. 36 с.
8. Бардадим В.К., Кудрявцев І.М., Бардадим О.В., Ярошкін В.П., Мельник С.М., Мельник М.М. Спосіб сепарації сипучої суміші у текучому двостадійному середовищі: Патент 156504 Україна: МПК (2024.01) A01F 12/44, B07B 4/00. № u 2023 05759; заяв. 29.11.2023; опуб. 04.07.2024; Бюл.№27. 5 с.
9. Алієв, Е.Б. Фізико-математичні моделі процесів прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику : монографія. Запоріжжя : СТАТУС, 2019. 196 с.
10. Алієв, Е.Б. Механіко-технологічні основи процесу прецизійної сепарації насінневого матеріалу соняшнику : дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Запоріжжя, 2020. 530 с.
11. Заявка s 2025 00716 Україна: Клас 15-03. Аналізатор домішок у суміші зерна / Мельник С.М., Бардадим В.К., Бардадим О.В., Кудрявцев І.М., Мельник М.М. (Україна); заявник та патентовласник ТОВ НВО «Сортувальні машини». № s 2025 00716; заяв. 08.09.25.
12. Бардадим В.К., Кудрявцев І.М., Бардадим О.В., Ярошкін В.П., Мельник С.М., Мельник М.М. Адаптивний аналізатор домішок у суміші зерна з програмованими параметрами: Патент 158445 Україна: МПК (2025.01) A01F 12/44, B07B 4/02, B07B 9/02, B07B 7/00. № u 2023 03879; заяв. 14.08.2023; опуб. 12.02.2025; Бюл.№7. 6 с.

References

1. Kudriavtsev I.M., Lutsenko, M.V., Melnyk, S.M., & Melnyk, M.M. (2023). Aspects of sustainable development of the enterprise in the conditions of "circular economy". *Materials of the III International Scientific and Practical Conference "Modern Science and Education: State, Problems, Prospects"*. (pp.736–738). Poltava: DZ "LNU named after Taras Shevchenko": [in Ukrainian].

2. Stepanenko S. P. & Kotov B. I. (2018). Theoretical research of separation process grain mixtures. ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture: an international quarterly journal on motorization, vehicle operation, energy efficiency and mechanical engineering. Lublin-Rzeszow. 18, 3. 49.
3. PFEUFFER GmbH. MLN Sample Cleaner: веб-сайт. URL: <https://www.pfeuffer.com/product/mln-sample-cleaner>. (дата звернення: 31.10.2025).
4. HALDRUP DC-20 Densimetric cleaning and sorting column.: веб-сайт. URL: <https://en.haldrup.net/haldrup-products/haldrup-lab-machines/haldrup-dc-20/>.
5. Stepanenko S. P. (2011) Mechanical and technological justification of processes and equipment for sieveless fractionation of grain materials: Doctor's thesis. Glevakha. NSC "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture".
6. Kudryavtsev I.M. (2025). Justification of the design and technological parameters of an aerodynamic separator for cleaning sunflower seed mixture waste: PhD's thesis. Dnipro: DSAEU. [in Ukrainian].
7. Mykhaylov, E.V. (2014). Methodology of substantiation of the composition and functional parameters of technical means of post-harvest grain processing (on the example of southern Ukraine): Doctor's thesis. Melitopol: [in Ukrainian].
8. Bardadym, V.K., Kudryavtsev, I.M., Bardadym, O.V., Yaroshkin, V.P., Melnyk, S.M. & Melnyk, M.M. (2024). Method of separation of a bulk mixture in a fluid two-stage medium: Patent 156504. [in Ukrainian].
9. Aliyev, E.B. (2019). Physical and mathematical models of processes of precision separation of sunflower seed material: monograph. Zaporizhzhia: STATUS. [in Ukrainian].
10. Aliyev, E.B. (2020). Mechanical and technological foundations of the process of precision separation of sunflower seed material: Doctor's thesis. Zaporizhzhia. [in Ukrainian].
11. Melnyk, S.M., Bardadym, V.K., Bardadym, O.V., Kudryavtsev, I.M., Melnyk, M.M. (2025). Analyzer of impurities in a grain mixture. Application s 2025 00716: Class 15-03. LLC NPO "Sorting Machines". Dnipro. [in Ukrainian].
12. Bardadym, V.K., Kudryavtsev, I.M., Bardadym, O.V., Yaroshkin, V.P., Melnyk, S.M., & Melnyk, M.M. (2025). Adaptive analyzer of impurities in a grain mixture with programmable parameters: Patent 158445. [in Ukrainian].

Melnyk Stanislav, PhD student

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro city, Ukraine

Development of a Design of Device for a Laboratory Determination of Oil/Grain Impurities

The main objective of the work is to develop a technical proposal for an experimental design sample of a means for laboratory determination of oil/grain impurities based on the study of the current state of technical and technological support for laboratory determination of the amount of oil/grain impurities.

The work highlights the general problems and significance of the development for the implementation of the concept of "circular economy" based on the use of research by domestic and foreign authors. It is noted that the prerequisite for designing a means for technical and technological support for sorting oil impurities is an in-depth study of the physical and mechanical indicators inherent in the fractions of raw materials. Design solutions based on the use of morphometric, tribometric, electrophysical, colorimetric characteristics of raw materials, as well as those based on the phenomena of elasticity, have limited application. Designs that combine modules of pneumatic, air, aerodynamic and aspiration methods of separating the grain mixture can have the greatest application. But such designs have a number of disadvantages, to overcome which the author proposes the use of additional solutions: reduced cross-section of the sorting channel to 80x80mm, aerodynamic stabilizer, minimal roughness of the inner surface of the sorting channel, additional equipment of the raw material feeder with a deauner, use of the sorting method in a fluid two-stage medium. Considerable attention is paid to the automation of the technological process of determining oil/grain impurities, ensuring the possibility of using the analyzer in explosive environments with an increased percentage of organic dust, and to the design artistic and aesthetic development of the external form, which should improve the marketing component of sales. The work is illustrated with drawings of the technological scheme, 3-D models of the sorting channel, the general design layout of the analyzer, as well as photographs of the developed variants of experimental samples.

Ensuring the required indicators for determining the percentage of oil / grain impurities can be achieved by using sorting in a vertical channel of variable cross-section size 80x80 mm with minimal roughness of the inner surface of the sorting channel, using pneumatic, air, aerodynamic, aspiration sorting, additional equipment of the analyzer with a deauner, aerodynamic stabilizer, feeder using the method of sorting in a fluid two-stage medium. The analyzer has been introduced at 5 enterprises of the oil and fat industry of Ukraine where it received a high rating.

oil impurity, sorting, vertical flow, laboratory, analyzer, design, unit, feeder

Одержано (Received) 20.11.2025

Прорецензовано (Reviewed) 09.12.2025

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025