

АСПЕКТИ ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАСОБУ ЛАБОРАТОРНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОЛІЙНОЇ/ЗЕРНОВОЇ ДОМІШКИ

Мельник С.М, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня ВО
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м.Дніпро,
Україна

Постановка проблеми. В сьогоденних. умовах визначення відсотку олійної домішки у відходах та продуктах проміжної переробки насіння, що за концепцією «циркулярної економіки» має ресурсну цінність, стикається з трьома проблемами: відсутністю апробованих методів відбору проби у відходах, відсутністю методів підготовки репрезентативних зразків проби та відсутністю засобів техніко-технологічного забезпечення лабораторного визначення кількості олійної домішки.

Олійна домішка – суміш важкороздільних фракцій, яку можливо розділити з застосуванням низки лабораторних машин, в конструкції яких закладені різні способи взаємодії фракцій суміші з робочим середовищем. Для визначення фракцій олійної домішки можливо застосування низки лабораторних машин, як лабораторні решітні машини, пневматичні машини, повітряні, аеродинамічні, аспіраційні, трибометричні та інші лабораторні машини. Зважаючи на технологічну ефективність обладнання, яке не може бути стовідсотковим, то сумарна кількість фракцій відображає наближений відсоток, близький до наявного значення у олійної домішки. Але головною проблемою є проблема відсутності засобу техніко-технологічного забезпечення лабораторного визначення кількості олійної домішки.

Дослідження властивостей окремих фракцій та властивостей суміші передусе визначенню основних конструктивних рішень лабораторного аналізатора олійної домішки. Компоненти відходів мають близькі показники подільності за геометричними ознаками, але мають значну розбіжність за питомій масі [1].

Властивість олійної домішки утворювати псевдорозріджений шар блокується фрагментами органічної домішки (уламки стебел, фрагменти листових пластинок з пільчатими і рубчастими краями, черешки, мають покриття короткими жорсткими волосками) [2], які вступають в зчеплення один з одним, що перешкоджає переміщенню компонентів суміші при процесах стратифікації.

Вібрація, яка інтенсифікує процес розділення насіння на пневмосепараційному столі, в разі обробки сміття призводить до

ущільнення сміття і блокування переміщення щільних олійних домішок по перетину зернової суміші і по поверхні столу [3].

Дослідженнями аеродинамічних властивостей [4] фракцій насіннєвих сумішей визначено переваги фрагментів плодової оболонки (лушпиння) у швидкості витання серед інших фракцій олійної домішки при аеродинамічному сортуванні.

Важливими висновками роботи зазначено значні зміни властивостей фракцій через вологість.[5],[6] При збільшенні вологості суміші збільшуються морфометричні показники фракцій (довжина, ширина, товщина). Збільшуються щільність ядрових фракції, площа міделевого перетину, трибометричні показники, що потребує змін у налаштуванні сортувального обладнання або змін у конструкції обладнання.

Аналізом публікацій [7],[8],[9], пов'язаних з теоретичними дослідженнями процесів сепарації зернових сумішей, зазначено, що перевага у сортуванні важкороздільних фракцій віддається аеродинамічному способу сортування у вертикальному каналі з висхідним повітряним потоком. Також мають дослідження, якими визначено, що ламінарність повітряного потоку зберігається на значно більшій відстані від джерела повітряного потоку при розмірах перерізу повітряного потоку менше 30х30см. При більшому значенні розміру перерізу повітряного каналу необхідно виконати додаткові конструктивні елементи для розмежування окремих потоків повітря.

Основним завданням роботи є обґрунтування конструкції засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки.

Основні матеріали дослідження. Визначення методу лабораторного визначення олійної/зернової домішки насіннєвого матеріалу та конструкція відповідного засобу технологічного оснащення визначаються фізико-механічними характеристиками суміші, які впливають на процес сортування:

за морфометричними характеристиками (ширина і товщина – на решетах, довжина – на трієрах, форма – на грейдерних сепараторах); за трибометричними властивостями поверхні (на фрикційних сепараторах і фрикційних гирках); за густиною (на пневмовібросепараторах, пневматичних столах); за аеродинамічними властивостями (на аспіраторах, пневматичних колонках, повітряних каналах, аеродинамічних сепараторах); за пружністю (на сортувальних столах відбивного типу); за електрофізичними характеристиками (у діелектричних сепараторах, пристроях коронного розряду); за колориметричними показниками (фотосепаратори); за комбінованими параметрами.

Доцільним є зауваження, що на кожен частинку фракції діє комплекс сил, але ознакою роздільності визначають ту силу, яка має

найбільший модуль вектору сили або дія вектору має визначальний кут дії.

Вихідну зернову суміш сепарують за різноманітними геометричними та фізичними ознаками та властивостями компонентів суміші. Завдання очищення зерна від домішок зводиться до виявлення відмінностей у властивостях збіжжя та домішок, знаходження кращого технологічного прийому їх поділу.

Ознаки, які забезпечують прийнятний рівень поділу вихідної суміші на компоненти або фракції, називають ознаками роздільності. До них відносяться аеродинамічні властивості (парусність), розміри, щільність, стан поверхні зерна та домішок.

Процес сепарування характеризується такими обов'язковими умовами. Зернова суміш повинна мати фракції, які відокремлюються на даному робочому органі. Зернова суміш, що розділяється, повинна безперервно розпушуватися і перемішуватися, щоб зерновий шар, що межує з поверхнею поділу, постійно оновлювався. Це перша підготовча стадія процесу розподілу. На другій, заключній стадії відбувається відділення (сепарація) цільової фракції і видалення її з робочої зони.

Обладнання, в конструкції якого закладено решітний спосіб для визначення олійної домішки не має перспективи застосування. По-перше, олійна домішка у переробному виробництві - це прохід через решето при сортуванні вхідного насіння, для соняшника регламентується решето з діаметром отвору 3,0 мм, тому не має сенсу проводити повторний прохід на лабораторному обладнанні. По-друге, фракції олійної домішки мають морфометричні показники які збігаються між собою, тому сортування не відбувається. Сортування на грейдерних сепараторах є доцільним при сортуванні плоских зернин від сферичних.

Обладнання, в конструкції якого закладено спосіб сортування за трибометричними властивостями поверхні (на фрикційних сепараторах і фрикційних гирках) теж не має перспективи застосування. Наприклад, лушпиння соняшника має дві сторони, які мають різні трибометричні показники, що унеможлиблюють процес сортування, крім того, наявність олії зменшує показник тертя за рахунок змащування фракцій олійної домішки.

Сортування за пружністю (на сортувальних столах відбивного типу) ефективно за наявності у насіння пружних якостей, олійна домішка - це зразок псевдопластичної суміші, що у більшості випадків приводить до налипання суміші на відбивній поверхні сортувального столу та зупинці сортування як такого.

Сортування за електрофізичними характеристиками (у діелектричних сепараторах, пристроях коронного розряду) теж не має перспектив у застосуванні через наявність низьких діелектричних

параметрів фракцій суміші та явищ перетікання статичного заряду між фракціями та за межі суміші.

Сортуванню за колориметричними показниками, фотосепарації, притаманні недоліки, що заважають широкому застосуванню цього принципу зерноочищення. На відміну від інших способів сепарації ця технологія передбачає обробку кожної окремої частинки зернової суміші, що, зрозуміло, знижує продуктивність процесу; через обмеження швидкості повітряного струменя, що створюється пневмоежектором, неможливо видаляти важкі мінеральні домішки, оскільки повітряний потік діє на певну ділянку зернової маси, а при сепарації дрібнонасінних сумішей і у разі засмічення зерна довгими соломистими домішками відбувається одночасне захоплення повноцінного зерна у відходи, що зупиняє процес сепарації; фотосепаратори не можуть сортувати фракції за густиною.

Аналізуючи фізико механічні показники фракцій олійної домішки [10], можливо зробити висновок про доцільність застосування сортування за густиною (на пневмовібросепараторах, пневматичних столах, пневматичних колонках), за парусністю (на повітряних сепараторах, повітряних каналах), за аеродинамічними властивостями (аеродинамічних сепараторах), за аспіраційними показниками (на аспіраторах, аспіраційних колонках).

Процес сепарування у висхідному повітряному потоці має низку переваг і недоліків [11]. При використанні висхідного потоку повітря можна досягти стратифікації зернової суміші і на першому етапі розділити суміш на дві фракції за густиною [12]: важку і легку, важка опускається протитечією до повітряного потоку.

На другому етапі компоненти зернової суміші, що залишилися, піднімаються повітряним потоком і знову поділяються на 2 фракції за показниками вітрильності.

На третьому етапі компоненти розподіляються за аеродинамічними показниками.

На четвертому етапі використовуючи відцентрові сили в потоці з каналом змінної кривизни. Повітряний потік в каналі з кривизною, що змінюється, має різні швидкості, з якими взаємодіють із зерновою сумішшю. В результаті компоненти суміші, що мають меншу швидкість витання, утворюють шар у прикордонному шарі більшого радіусу каналу, а компоненти суміші, що мають велику швидкість витання, утворюють шар у прикордонному шарі меншого радіусу каналу. Поділ суміші проводять перегородками змінної кривизни, що знаходяться в стратифікаційному шарі.

Спосіб аеродинамічної обробки у висхідному повітряному потоці має незаперечні переваги за якістю сепарування перед способом сепарації у горизонтальному та похилому повітряних потоках. Помітним недоліком є низька продуктивність способу. Однак цей

спосіб стає несуттєвим при необхідності тонкої сепарації, що необхідно при лабораторній обробці насіннєвого матеріалу, а також при лабораторному визначенню відсотку олійної домішки у лушпинні, смітті зернових та олійних культур, у проміжних процесах переробки зерна (наприклад, перевию, недорушу, сміття ріпаку та ін.)

Спираючись на дослідження впливу вологи на сировину, то доцільним буде зазначити у методах підготовки проби підготовку сировини до показника вологості у 7...9%, при якому сировина набуває максимальної сипкості (мінімальний кут природного укусу).

Для забезпечення ламінарності повітряного потоку необхідним забезпечити розміри перерізу повітряного каналу менше 30х30см [13]. При більшому значенні розміру перерізу повітряного каналу необхідно виконати додаткові конструктивні елементи для розмежування окремих потоків повітря (хоннейкомб), та/або застосування аеродинамічного стабілізатора повітряного потоку.

Також необхідно застосування мінімальної шорсткості внутрішньої поверхні сортувального каналу для зменшення негативного впливу ефекту Коанде та запобігання турбулентності повітряного потоку.

Відомим є негативний вплив пульсації повітряного потоку [14] на якість сортування. При пульсуючому повітряному потоці розщеплення траєкторій фракцій олійної домішки може досягати 20%, що негативно впливає на якість сортування та потребує конструктивно - технічних заходів для зменшення пульсації повітряного потоку. Такими заходами може бути динамічне балансування ротору електродвигуна генератора повітряного потоку у зборі з робочим колесом вентилятора, центрування корпусу вентилятора відносно робочого колеса вентилятора, визначення рівня вібрації елементів корпусу вентилятора та запобігання явищ резонансу вентилятора, сортувального каналу, аспіраційної системи.

Окремо потрібно звернути увагу на конструкцію живильника сортуємої сировини. Зернова суміш, що розділяється, повинна безперервно розпушуватися і перемішуватися, щоб зерновий шар, що межує з поверхнею поділу, постійно оновлювався. Для вирішення такого завдання необхідним може бути застосування способу сортування у двостадійному текучому середовищі.

Висновки. Таким чином, дослідження показують, що для засобу лабораторного визначення олійної/зернової домішки не можуть бути застосовані рішення конструкції з використанням морфометричних, трибометричних, електрофізичних, колориметричних характеристик, а також які засновані на пружності.

На сортування повинна подаватися суміш з вологістю 7,0...9,0%, яка має найкращі показники сипкості.

Доцільно застосування конструкції з застосуванням пневматичного, повітряного, аеродинамічного та аспіраційного способу поділення зернової суміші у вертикальному висхідному повітряному потоку.

Лабораторний засіб конструктивно має бути агрегатом, в якому мають бути поєднані модулі пневматичного, повітряного, аеродинамічного та аспіраційного способу поділення зернової суміші.

Сортувальний канал має бути з розмірами перерізу меншими 30х30см.

Сортувальний канал має бути обладнаний аеродинамічним стабілізатором повітряного потоку та мати мінімальний показник шорсткості.

При виготовленні лабораторного засобу повинні бути проведені дослідження на резонанс із впровадженням необхідних конструктивних заходів упередження резонансу.

Засіб повинен бути обладнаний системами стабілізації електричного живлення та стабілізації частоти для вентилятора та живильника.

Живильник повинен бути обладнаний деаунером, з можливістю використання способу сортування у двостадійному текучому середовищі та повинен бути забезпечений відповідний рейтинг захисту живильника від вибухонебезпечного органічного пилу.

Список використаних джерел

1. Кудрявцев І.М. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів аеродинамічного сепаратора для очищення відходів насінневої суміші соняшника: дис. ... д-ра філ.: 133 – Галузеве машинобудування/ Дніпро. ДДАЕУ, 2025. 227 сс.
2. Ольховський, В.О., & Дударев, І.М. (2021). Способи сепарування та сепаратори зернової маси. Сільськогосподарські машини, 47: 103–112. DOI: 10.36910/acm.vi47.655
3. Bracacescu, C., Gageanu, I., Popescu, S., & Selvi, K.C. (2016). Researches concerning impurities separation process from mass of cereal seeds using vibrating sieves in air flow currents. In Engineering for Rural Development, Jelgava (Pp. 364–370).
4. Алієв Е. Б., Шевченко, І. А. (2017). Дослідження аеродинамічних властивостей насіння олійних культур. Вісник аграрної науки. №3 (769). С. 63–65.
5. Chavoshgoli, Es., Abdollahpour, Sh., Abdi, R., & Babaie, A. (2014). Aerodynamic and some physical properties of sunflower seeds as affected by moisture content. Agric Eng Int: CIGR Journal, 16 (2): Pp. 136–142.

6. Seifi, M. R., & Alimardani, R. (2010). Moisture-Dependent Physical Properties of Sunflower Seed (SHF8190). *Modern Applied Science*, 4 (7): 135–143.
7. Котов Б. І., Степаненко С. П., Швидя В. О. Технологічні аспекти сепарації зерна у вертикальному каналі. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кіровоград, 2016. Вип. 46. С. 154–159.
8. Stepanenko S. P., Kotov B. I. 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, 2018. Vol. 18, no 3. pp. 49.
9. Stepanenko S. P., Kotov B. I. Theoretical research of separation process grain mixtures. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 2019. Vol. 10, no 4. pp.137-143.
10. Михайлов, Є. В., Рубцов, М. О., Задосна, Н. О. (2017) Теоретичні дослідження руху сміттєвих фракцій олійної сировини соняшнику у повітряному потоці пневмосепаратора. *Науковий вісник ТДАТУ*, 3(6). 196–203 сс.
11. Степаненко С. П. Механіко-технологічне обґрунтування процесів і обладнання безрешітного фракціонування зернових матеріалів: дис. ... д-ра тех. наук: 05.05.11/ Глеваха. ННЦ "Інститут механізації та електрифікації сільського господарства", 2011. 362 сс.
12. Бредихін В.В. Наукові основи процесів вібропневматичного розділення насіннєвих матеріалів за густиною насіння: дис. ... д-ра тех. наук: 05.05.11/ Кропивницький. Центральноукраїнський національний технічний університет, 2023. 451 сс.
13. Котов Б. І., Степаненко С. П. Теоретичні дослідження руху компонентів зернового матеріалу із штучно сформованим розподілом швидкості повітря в поперечному перетині каналу. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2021.51.20-35>
14. Котов Б. І., Степаненко С. П. Дослідження впливу пульсуючого повітряного потоку на переміщення зерна у віброзрідженому шарі зерносомистого вороху. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Глеваха, 2016. Вип. №4 (103). С. 38–46.