

Ю. О. ЧУРСІНОВ, д-р техн. наук, проф.

М. В. ЛУЦЕНКО, канд. техн. наук, доц.

І. М. КУДРЯВЦЕВ, аспірант

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ СОРТУВАННЯ ВІДХОДІВ ЗЕРНОВИХ ТА ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

Резюме. У статті показано проблему використання відходів переробки зерна пшениці та соняшника. Проаналізовано перспективу зростання обсягів генерації цих видів відходів, а також технічні й екологічні проблеми їх використання. Наведено доцільність удосконалення технології очищення зернових відходів від олійної домішки в процесі виготовлення пелет. Показано, що основною проблемою використання сміття насіння є відсутність технологічного обладнання для вилучення з нього олійної та зернової домішок. Також обґрунтовано застарілість арбітражного методу ручного розбирання наважки зернових культур для визначення показників засміченості в лабораторних умовах. Досліджено роботу обладнання різного способу взаємодії із зерною масою та запропоновано аеродинамічний спосіб сортування сміття. Визначено основні недоліки обраного способу сортування та шляхи можливого поліпшення та модернізації обладнання. На підставі отриманих даних про вміст олійної/зернової домішок виконано розрахунок втраченої вигоди і показано економічну доцільність переробки зернового сміття. На основі результатів порівняльного сортування автори дійшли висновку про доцільність створення нового обладнання для тонкого сортування з урахуванням таких вимог: модернізація сортувальників із використанням сепарації в горизонтальному повітряному потоці; використання сепарації у висхідному повітряному потоці; створення агрегату, що використовує комбінацію зазначених способів сепарації з іншими. Дані, що отримані в результаті досліджень, а також прогнозовані показники технічного рівня машини дають змогу оцінити можливий економічний ефект від її використання.

Ключові слова: сортування, відходи, зерно, домішки, лушпиння, аеродинамічний спосіб.

ВСТУП

Україна — аграрна країна. Основний вид діяльності в аграрному секторі — це вирощування зернових та олійних культур [1].

Маючи вражаючі показники виробництва зерна, Україна також має значні обсяги генерації відходів при сортуванні зернових мас на кожному етапі їх обробки після збирання з поля. Середня врожайність насіння соняшника сьогодні досягла 22 центнери з гектара, а національний рекорд урожайності становить понад 50 центнерів з гектара [2]. Отже, у найближчому майбутньому варто очікувати на збільшення обсягів знімання сміття більш ніж у 2 рази.

В умовах сучасного ринку зернові відходи — це перспективна для переробки сировина, тому що містить 30–50 % придатної для подальшого використання зернової домішки, а в разі олійного насіння — олійної домішки. Цю “додаткову” цінну фракцію можна отримати лише шляхом механічного розділення відходів на спеціально розроблених машинах. Саме тому пошук методів тонкого очищення зернових мас є актуальним завданням для агроінженерії.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Обмежувальними кондиціями для зерна, що надходить на зберігання, є норми якості (вологість, засміченість тощо), які забезпечують його збереження й отримання стандартної продукції. Базисні кондиції є основою розрахунку виходів готової продукції. У процесі доробки зерна до базисних норм виробники отримують відходи, які згідно з Законом України “Про відходи” [3] зобов’язані утилізувати. Діяльність щодо поводження з відходами є витратною для суб’єктів господарювання, тому скорочення обсягів відходів виробництва із застосуванням раціональної технології утилізації найчастіше призводить до скорочення витрат на виробництво.

Вимога скорочення відходів переробки декларувалася впродовж багатьох років. Так, Інструкцією [4] визначено класифікацію зерна, побічних продуктів переробки та зерновідходів, у якій є пряма вказівка про додаткове сортування зерновідходів при вмісті в них зернової домішки 10 % і більше, а в стандартах на пшеницю та жито є пряма вказівка про повернення 50 % зернової домішки до основного зерна. Однак

Обсяги обороту основних культур в Україні в 2020 році

Культура	Виробництво, млн т	Експорт, млн т	Споживання, млн т
Пшениця	29,20	21,00	8,20
Ячмінь	9,50	4,70	4,80
Соняшник	16,50	0,06	16,44
Ріпак	3,50	3,00	0,50

ці вимоги та рекомендації не були реалізовані через відсутність обладнання для тонкого сортування сміття насіння та відходів у ході технологічного процесу. Як наслідок, цією ж інструкцією визначено, що зерновідходи 3-ї категорії підлягають утилізації.

Постає питання щодо раціональності видобування дрібного зерна, наприклад, при проведенні сортових помелів пшениці, які не забезпечують раціонального використання сировинних ресурсів і призводять до втрати частини прибутку від переробки [5].

Так, Л. Фадєєв дослідив, що вміст легкої фракції в смітті насіння соняшника сягає 70 %, а зернової домішки — 30 % [6]. Згідно з нашими дослідженнями, сміття насіння зернових культур містить 30–50 % зернової домішки, а сміття насіння соняшника містить 40–45 % олійної домішки з олійністю 35–36 %. Дослідження сміття насіння пшениці одного з сучасних переробних підприємств Казахстану показало вміст зернової домішки в ньому — понад 80 %.

Значний вплив на способи визначення кількості сміттевої та зернової домішок завдав арбітражний метод. Стандартами [7; 8] передбачено основний метод визначення — ручне розбирання. Окрім того, допускається просіювання через набір сит, у прохід яких потрапляє сміття і олійна/зернова домішка, що за своїми біохімічними властивостями відповідають властивостям основного зерна і може бути застосовувано в складі основного зерна. Інша ситуація зі сміттевою домішкою, яка за своїми геометричними розмірами частинок відсіюється разом із зерною домішкою.

Виправити ситуацію був покликаний інший метод, прописаний стандартом, який поширюється на товарне зерно пшениці, жита та ячменю і встановлює механізований метод визначення сміттевої та зернової домішок на аналізаторі засміченості У1-ЕАЗ-М [9]. Цей прилад має додатковий модуль аеродинамічної сепарації, що дає змогу визначати окремо кількість сміттевої та зернової домішок, адже враховує як геометричні, так і аеродинамічні ознаки розподільності зерна. Аналогічний прилад Quatuor 2

пропонує, наприклад, французька компанія “SHOPIN” [10], однак як арбітражний метод залишається метод ручного розбирання. Таким чином, втрати біологічно-повноцінного зернового матеріалу закладені самим методом визначення вмісту зернової та сміттевої домішок.

Проблемою також є дефіцит спеціалізованого виробничого обладнання, яке надає можливість відокремлювати зернову домішку від сміттевої і виконати вимоги нормативних документів щодо необхідності додаткового очищення зерновідходів, що містять понад 2 % повноцінного зерна. Якщо за умов планової економіки з втратами зернової домішки можна було миритися, то в умовах ринкової економіки та за різкого збільшення світової ціни на зерно, позначився значний резерв отримання доходу. На ринку мають з’явитися сортувальні машини, що ефективно розділяють сміттеву та зернову/олійну домішки.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Проблема раціональної утилізації сміття та зерновідходів завжди була актуальною для переробної галузі. Ще 30 років тому в Україні було налагоджено утилізацію лушпиння насіння соняшника на гідролізних заводах для виробництва технічного етилового спирту, що виявилось вкрай нерентабельним у нових умовах ринкової економіки.

Подорожчання енергоресурсів у світі та в Україні створило економічні передумови для утилізації лушпиння соняшника у вигляді виробництва твердого палива (рис. 1).

З рис. 1 зрозуміло, що за внутрішнього споживання насіння соняшника 8,2 млн т та середнього виходу лушпиння 1,4 млн т (17 %) — обсяг виготовлення пелет становить лише малу частку від потенційно можливої кількості. Проте фізико-механічні властивості пелет не дозволяють реалізувати їх на експорт через низькі механічні властивості. На порядку денному стоїть питання про вилучення олійної домішки з лушпиння.

Хорольський механічний завод запропонував ринку машину СЛ-40 — бітер-сепаратор,

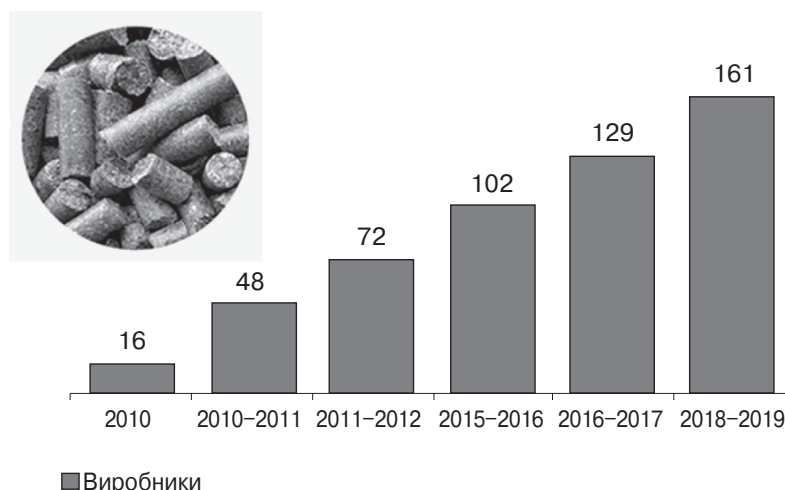


Рис. 1. Динаміка виробництва пелет в 2010–2019 рр. в Україні

Примітка: складено за даними [11].

який дає змогу знизити вміст олійної домішки в лушпинні максимум на 0,5 % за один раз [12]. За каскадного включення сепараторів потрібно п'ять машин для досягнення показника ботанічної олійності в лушпинні — 4,5 %. Окрім того, за заявою виробника, у результаті особливостей конструкції, призначеної для вилучення олійного пилу, бітер-сепаратор неефективно витягує ціле ядро та його фрагменти, розміри якого перевищують 2,5 мм, а саме вони визначають олійність лушпиння. У зв'язку з цим виробник бітер-сепаратора рекомендує видаляти ціле ядро та його фрагменти в технологічному ланцюжку до бітер-сепаратора.

Аналогічні машини з'явилися на підприємствах України походженням з Аргентини. Це бітер-сепаратор АС-40 [13] для вилучення олійної домішки з лушпиння соняшника компанії "Allosco", а також бітер-сепаратор походженням з Болгарії — НВ-63 компанії "ЕЛИКА ПРОЦЕСІНГ" ООД. Проте всі ці моделі не перевищили показники машин Хорольського механічного заводу.

Нове підвищення цін на насіння соняшника спричинило за собою активізацію пошуку шляхів комплексного використання сміття та відходів.

Так, олійноекстракційний завод ТОВ "Потоки" в м. Дніпро виділяє олійну домішку зі сміття насіння соняшника і спрямовує її в основний процес. Лушпиння й органічне сміття, що залишаються, спрямовують у котельню на вироблення пари для технологічних цілей і пари для парової турбіни, потужністю 16МВт, з яких половину виробленої електроенергії використовують для потреб заводу, а половину спрямовують до енергомережі.

Аналогічну технологічну схему реалізувала компанія SUNPRO (Туреччина) у м. Кривий Ріг.

Усі відходи об'єднують і направляють в котельню для вироблення пари для технологічних цілей та для парової турбіни, потужністю 4,7 МВт, яка повністю покриває потреби виробництва в електроенергії.

Схожа схема утилізації сміття насіння ріпаку, сої та соняшника реалізована олійноекстракційним заводом компанії AllSeeds у порту "Південний" Одеської області.

Це не повний перелік прикладів комплексного вирішення питання утилізації органічного сміття в Україні, однак усі підприємства мають розпорядження про зниження викидів в атмосферу, які значно перевищують норматив викиду. У планах інвестування на найближчі роки ці підприємства мають завдання з придбання та встановлення очисного обладнання димових газів. Одним з ефективних способів часткового досягнення екологічних нормативів є сортування сміття насіння та лушпиння від олійної/зернової домішок.

Метою статті є обґрунтування доцільності пошуку шляхів утилізації зернових відходів і сміття, а також визначення способу розв'язання проблем у цьому напрямі: низька вартість отриманих у результаті переробки продуктів, що визначає низьку прибутковість цього виду діяльності, та низька якість отриманих продуктів через відсутність обладнання, здатного переробляти сміття та відходи до нормативних показників якості.

Обладнання, призначене для сортування сміття та відходів зернових мас, повинно мати технологічні показники, які дають змогу комплексно долати труднощі сортування таких сумішей. Частки сміття, маючи тонкі та довгі розміри, мають властивості армованого продукту,

що призводить до зниження сипучості, проявляється у злежуваності сміття, також сміття має збільшений опір зрушенню в горизонтальній площині та має невизначений кут природного ухилу, що призводить до зависання сміття в бункерах.

Науковці [14–16] досліджували аеродинамічні властивості насіння соняшника та його поведінку в повітряному потоці, проте досліджень властивостей зернового сміття та відходів, а також лушпиння — дуже обмежена кількість. Відсутність необхідних наукових даних про властивості матеріалу, що підлягає сепарації, стримує виробництво спеціалізованого обладнання для сортування сміття, відходів і лушпиння соняшника.

З огляду на необхідність розв’язати проблему розділення сміття від зернових/олійних відходів, завданням досліджень є: порівняння методів визначення складу зернових та олійних відходів; вивчення технологічної ефективності наявних приладів і машин.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Найважливішою передумовою створення нової машини є технічні властивості сировини, яка буде оброблятися: швидкість вітання лушпиння, олійної домішки, сміття насіння. Необхідність у цих даних виникає через вибір найближчого за точністю методу з перевірених методів сортування – аеродинамічного методу. У літературі є дані щодо швидкості вітання лушпиння та олійної домішки в лушпинні [17–19], однак є обмежені дані щодо цих показників для сміття насіння.

Зразки сміття насіння та лушпиння соняшника відбиралися на підприємствах олійножирової галузі: ПАТ “Дніпропетровський олійноекстракційний завод”, м. Дніпро; ТОВ “Потоки”, м. Дніпро; ТОВ “Укроліяпродукт”, Полтавська область; корпорація SUNPRO, м. Кривий Ріг; корпорація AllSeeds, порт “Південний” та інші.

Зразки сміття насіння зернових культур відібрано у ТОВ “Дніпромлин”, м. Дніпро.

Ручне розбирання зразків і сортування на пневмосепараційному столі ПСС було проведено в лабораторії ТОВ “Потоки”; фотоелектронне сортування на базі компанії ТАЙХО в кондитерському цеху в с. Дмухайлівка Дніпропетровської області; аеродинамічне сортування в аеродинамічному сортувальнику САД-1 [20] в цеху підготовки сировини ФОП “Остапенко О.” у м. Синельникове Дніпропетровської області.

Згідно з даними **табл. 2**, найбільш прийнятним методом сортування сміття насіння та лушпиння соняшника може бути обраний аеродинамічний метод, оскільки він дав найближче значення вмісту олійної/зернової домішок у порівнянні з результатами ручного сортування.

Аналіз результатів порівняльного сортування дає змогу дійти висновку про доцільність розгляду декількох напрямів створення нової машини для тонкого сортування:

- модернізація сортувальників із використанням сепарації в горизонтальному повітряному потоці;
- використанням сепарації у висхідному повітряному потоці;
- створення агрегату, що використовує комбінацію зазначених способів сепарації з іншими.

Методичною основою розрахунку є галузевий стандарт [21], що регламентує методи економічної оцінки сільськогосподарської техніки, зокрема і сортувальних машин. З метою доведення економічної ефективності процесу сортування було проведено дослідження вилучення олійної домішки зі сміття насіння соняшника в умовах діючого виробництва — ТОВ “Потоки”, м. Дніпро (**табл. 3**).

Для олійноекстракційного підприємства продуктивністю переробки 1000 тон на добу, ефективність становить 143 тис. грн на день,

Таблиця 2

Результати порівняльного сортування сміття з насіння сільськогосподарських культур

Спосіб сортування	Од. вимірювання	Показник вмісту зернової\олійної домішки		
		вміст у смітті зерна пшениці	вміст у смітті насіння соняшника	вміст у лушпинні насіння соняшника
Ручне сортування	%	25–40	35,0–45,0	5,0–10,0
Ситове сортування	%	3–4	1,5–2,0	1,5–2,0
Аеродинамічне сортування	%	21–30	40,0	4,0–9,0
Пневматичне сортування	%	Блокування фідера та злежування суміші		
Фотоелектронне сортування	%	Відмова обладнання		

Результати розрахунку економічної ефективності переробки сміття

Показники	Кількість	Одиниця вимірювання	Примітки
Кількість насіння соняшника	1000	тон/добу	–
Засміченість вхідного насіння	4,0	%	Нормативні дані
Засміченість насіння, що подається на виробництво	1,0	%	Нормативні дані
Вміст олійної домішки у смітті	40,0	%	Дані дослідження
Масова частка жиру в олійній домішці	32,5	%	Дані дослідження
Ціна насіння соняшника	20 500	грн/т	На 22.02.2022
Ціна закупівлі сміття	17 660	грн/т	На 22.02.2022

а протягом маркетингового року ця сума становитиме 45 760 тис. грн на рік.

Таким чином, при оцінюванні використання досліджуваного методу для сортування сміття насіння соняшника, отримані наступні дані: для підприємства продуктивністю 1000 тон на добу — прибуток буде 212 тис. грн на день, а протягом маркетингового року ця сума становитиме 67 840 тис. грн на рік.

В узагальненні проведених досліджень розроблено “Калькулятор втраченої вигоди” — авторська методика, виконана в редакторі Excel, що дозволяє розрахувати втрачену вигоду від переробки будь-якої кількості зернового матеріалу, яка використовує дані, отримані в заводській лабораторії. У разі відсутності даних лабораторних досліджень, у примітках пропонується запровадити нормативні значення чи дані середніх показників на підприємствах України.

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отримані результати досліджень дають право стверджувати, що є економічна доцільність і перспективність створення машини для тонкого очищення сміття та відходів зернових сумішей, побічних продуктів із метою вилучення олійної та зернової домішок та їх подальшого використання. Перспективним є створення не мономашини, а агрегату, що комплексно використовує декілька різних способів взаємодії робочих органів із зерною сумішшю. Вивчення способів взаємодії сміття з різними робочими органами машин показав, що найбільш близький результат до ручного розбирання має аеродинамічний спосіб взаємодії повітряного потоку з зерною сумішшю.

Майбутній сортувальний агрегат має бути забезпечений новими та ефективними робочими органами:

- живильник сировини, призначеної для сортування, який має забезпечувати розпушування та подачу сировини в псевдозрідженому шарі;
- живильник сировини повинен забезпечувати можливість тонкого регулювання параметрів її подачі;
- агрегат повинен мати модулі аеродинамічного, аспіраційного, пневматичного, повітряного сортування у вертикальному висхідному повітряному потоці;
- джерело повітряного потоку повинно мати можливість тонкого регулювання;
- агрегат повинен мати пристрої для аеродинамічної стабілізації повітряного потоку та підтримання стабільності ламінарного потоку;
- сепараційний канал повинен забезпечувати зональний розподіл швидкості повітряного потоку вздовж сепараційного каналу;
- сепараційний канал має забезпечувати зону створення та підтримки псевдозрідженого шару;
- сортувальний канал усередині повинен мати протиадгезивне покриття або виготовлений з відповідного матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агробізнес України. Іконографічний довідник 2019/2020. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://agribusinessinukraine.com/get_file/id/agro-2020.pdf.
2. Рекорд врожайності соняшнику. 21.10.2020 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://farming.org.ua/>.
3. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо відходів [Електронний ресурс]: Закон України від 07 берез. 2002 р. № N 3073-III. — Режим доступу: <https://pravoved.in.ua/section-law/189-zuoo.html>.
4. Про затвердження Інструкції про ведення обліку й оформлення операцій із зерном і продуктами його переробки на хлібоприймальних та

зернопереробних підприємствах [Електронний ресурс]: наказ Міністерства аграрної політики України від 13 жовт. 2008 р. № 661. — Режим доступу: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE15802.html.

5. *Верещинський О. П.* Чи доцільно вилучати мілке зерно при проведенні сорткових помелів пшениці? [Електронний ресурс] / О. П. Верещинський. — Режим доступу: <http://hipzmag.com/tehnologii/pererabotka/chi-dotsilno-viluchati-milke-zerno-pri-provedenni-sortovih-pomeliv-psheniitsi/>.
6. *Фадеев Л. В.* Подсолнечник Украины — сегодня и завтра [Електронний ресурс] / Л. В. Фадеев. — М. : Спецэлеватормельмаш, 128 с. — Режим доступу: <https://www.twirpx.com/file/1681276/>.
7. ДСТУ 8837:2019. Насіння олійних культур. Методи визначення сміттевої та олійної домішок.
8. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови (62699).
9. ГОСТ 28419-97. Зерно. Метод визначення смітної і зернової домішок на аналізаторі засміченості У1-ЕАЗ-М.
10. Корпорация “Shopin Technologies”. “Shopin Technologies”. Quators 2. “Shopin Technologies” [Електронний ресурс] // KPM Analitycs. — Режим доступу: https://chopin.fr/files/base_documentaire/leaflet/QUATUORII_leaflet_RU_20150703.pdf.
11. Український біопаливний портал. Виробники пелет із лушпиння соняшнику [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://pelleta.com.ua/base-baza-proizvoditelej-pellet-iz-luzgi-podsolnechnika-91.html>.
12. ПАО “Хорольский мехзавод”. Бітер-сепаратор контролю лушпиння СЛ-40 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://mehzavod.com.ua/Materials/sl-40/%D0%91%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82_C%D0%9B-40.pdf.
13. Корпорация “Аллоcco”. Beater-sifter AC-40 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://allocco.com.ar/en/beater-sifter/>
14. Дослідження аеродинамічних властивостей насіння олійних культур / Е. Б. Алієв, І. А. Шевченко, А. П. Акімова та ін. // Вісник аграрної науки. — 2017. — № 3 (769). — С. 63–65.
15. *Алієв Е. Б.* Експериментальні дослідження процесів розділення насіння соняшника під дією повітряного потоку / Е. Б. Алієв // Київ : НУБПУ — 2018. — Machinery & Energetics, Т.3. — С. 113–116.
16. *Алієв Е. Б.* Моделювання процесу сепарації сипкого матеріалу залежно від його фізико-механічних властивостей / Е. Б. Алієв, В. Ю. Дудін, О. С. Гаврильченко, В. В. Івлєв // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2019 — № 4 (104). — С. 114–121.
17. ДСТУ 7123:2009. Лушпиння соняшнику. Технічні умови.
18. *Деревенко В. В.* Скорость витания ядра и лузги семян подсолнечника / В. В. Деревенко, Г. А. Глущенко // Известия вузов. Пищевая технология. — 2011. — Т. 1. — С. 89–90.
19. *Деревенко В. В.* Аэродинамические характеристики семян современных сортов подсолнечника и их плодовой оболочки / В. В. Деревенко, Г. А. Глущенко, Ю. Ю. Ткаченко // Известия вузов. Пищевая технология. — 2010. — Т. 2–3. — С. 116–117.
20. НПП АЕРОМЕХ, ООО. Сепаратор зерновой аэродинамический САД-1 [Електронний ресурс]. — 2020. — Режим доступу: <https://aeromeh.net/>.
21. СОУ 74.3-37-141:2004. Випробовування сільськогосподарської техніки. Машина сортувальні. Методи випробувань. — Київ : Мінагрополітики України, 2004. — 38 с.

REFERENCES

1. Ahrobiznes Ukrainy. Ikonohrafichniy dovidnyk 2019/2020 [Agribusiness of Ukraine. Iconographic guide 2019/2020]. Retrieved from: https://agribusinessinukraine.com/get_file/id/agro-2020.pdf. [in Ukr.].
2. Rekord vrozhaivosti soniashnyku 21.10.2020 p. [Sunflower yield record. 10/21/2020]. Retrieved from: <https://farming.org.ua/> [in Ukr.].
3. *Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo vidkhodiv*: Zakon Ukrainy vid 07.03.2002 № 3073-III [On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Concerning Waste: Law of Ukraine of March 7, 2002 № 3073-III] (2002). Retrieved from: <https://pravoved.in.ua/section-law/189-zuoo.html> [in Ukr.].
4. *Pro zatverdzhennia Instruksii pro vedennia obliku y oformlennia operatsii iz zernom i produktamy yoho pererobky na khlibopryimalnykh ta zernopererobnykh pidpriemstvakh*: Nakaz Ministerstva aharnoї polityky Ukrainy № 661 vid 13.10.2008 [About the statement of the Instruction on conducting the account and registration of operations with grain and products of its processing at the grain receiving and grain-processing enterprises: the Order of the Ministry of Agrarian Policy of Ukraine № 661 from 13.10.2008]. (2008). Retrieved from: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/RE15802.html [in Ukr.].
5. Vereshchynskiy, O. P. (2019). Chy dotsilno vyluchaty milke зерно pry provedenni sortovykh pomeliv pshe-nytsi? [Is it advisable to remove fine grains when carrying out varietal grinding of wheat?]. Retrieved from: <http://hipzmag.com/tehnologii/pererabotka/chi-dotsilno-viluchati-milke-zerno-pri-provedenni-sortovih-pomeliv-psheniitsi/> [in Ukr.].
6. Fadeyev, L. V. Podsolnechnik Ukrainy — segodnya i zavtra [Sunflower of Ukraine — today and tomorrow]. Retrieved from: <https://www.twirpx.com/file/1681276> [in Russ.].
7. DSTU 8837:2019. Nasinnia oliinykh kultur. [Oil seed. Methods for determination of garbage and oil impurities]. [in Ukr.].
8. DSTU 7011:2009. Soniashnyk. Tekhnichni umovy (62699). [Sunflower. Technical conditions (62699)]. [in Ukr.].
9. HOST 28419-97 Zerno. Metod vyznachennia smitnoi i zernovoi domishok na analizatori zasmichenosti U1-YeAZ-M. [Grain. Method for determination of garbage and grain impurities on the clogging analyzer U1-EAZ-M]. [in Ukr.].
10. Korporatsiya “Shopin Technologies”. “Shopin Technologies”. Quators 2. “Shopin Technologies”. KPM Analitycs. Retrieved from: https://chopin.fr/files/base_documentaire/leaflet/QUATUORII_leaflet_RU_20150703.pdf.
11. Ukrainyky biopalyvnyi portal. Vyrobniky pellet iz lushpynnia soniashnyku [Ukrainian biofuel portal. Manufacturers of pellets from sunflower husk.]. Retrieved from: <https://pelleta.com.ua/base-baza-proizvoditelej-pellet-iz-luzgi-podsolnechnika-91.html>. [in Ukr.].
12. ПАО “Хорольский мехзавод”. Битер-сепаратор контролю лушпиння СЛ-40. [PJSC “Khorol Fur Plant”. Beater-separator of control of SL-40 husk.]. Retrieved from: https://mehzavod.com.ua/Materials/sl-40/%D0%91%D1%83%D0%BA%D0%BB%D0%B5%D1%82_C%D0%9B-40.pdf. [in Ukr.].

13. Corporation "Allocco". Beater-sifter AC-40. Retrieved from: <http://allocco.com.ar/en/beater-sifter/>.
14. Aliiev, E. B., Shevchenko, I. A., & Akimova, A. P. et al. (2017). Doslidzhennia aerodynamichnykh vlastyvoستي nasinnia oliynykh kultur [Investigation of aerodynamic properties of oilseeds]. *Visnyk ahrarnoi nauky* [Bulletin of Agricultural Science], 3(769), P. 63–65. [in Ukr.]. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201703-09>
15. Aliiev, E. B. (2018). *Eksperymentalni doslidzhennia protsesiv rozdilennia nasinnia soniashnyka pid diieiu povitrianoho potoku* [Experimental studies of the processes of separation of sunflower seeds under the action of air flow]. Kyiv, Vol. 3, P. 113–116. [in Ukr.].
16. Aliiev, E. B., Dudin, V. Iu., Havrylchenko, O. S., & Ivliev, V. V. (2019). *Modeliuvannia protsesu separatsii sypkoho materialu zalezno vid yoho fizyko-mekhanichnykh vlastyvoستي* [Modeling of the process of separation of bulk material depending on its physical and mechanical properties]. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria* [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast], 4 (104), P. 114–121. [in Ukr.].
17. DSTU 7123:2009. *Lushpynnia soniashnyku. Tekhnichni umovy* [Sunflower husk. Specifications]. [in Ukr.].
18. Derevenko, V. V., & Glushchenko, G. A. (2011). Skorost' vitaniya yadra i luzgi semyan podsolnechnika [The rate of soaring of the kernels and husks of sunflower seeds]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [University news. Food technology] 1, P. 89-90. [in Russ.]. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.2-3.18>
19. Derevenko, V. V., Glushchenko, G. A., & Tkachenko, Y. Y. (2010). Aerodinamicheskie harakteristiki semyan sovremennykh sortov podsolnechnika i ih plodovoy obolochki [Aerodynamic characteristics of seeds of modern sunflower varieties and their fruit shell]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya* [University news. Food technology]. 2–3, P. 116–117. [in Russ.]. <https://doi.org/10.26297/0579-3009.2020.2-3.18>
20. (2020). NPP AEROMEKH, OOO. *Separator zernovoy aerodinamicheskij SAD-1*. [NPP AEROMEKH, OOO. Aerodynamic grain separator SAD-1]. Retrieved from: <https://aeromeh.net/>. [in Russ.].
21. (2004). 3-37-141:2004. *Vyprovovuvannia silskohospodarskoi tekhniki. Mashyny sortuvalni. Metody vyprovovan* [SOU 74.3-37-141: 2004. Testing of agricultural machinery. Sorting machines. Test methods]. Kyiv, 38. [in Ukr.].

Yu. O. TCHUR SINOV, D. Sc. in Engineering, Professor
M. B. LUTSENKO, PhD in Engineering, Associate Professor
I. M. KUDRIAVTSEV, Postgraduate Student

FEASIBILITY STUDY OF THE EXPEDIENCY OF SORTING WASTE GRAIN AND OILSEEDS

Abstract. *The problem of using wheat and sunflower grain processing wastes is shown, the prospect of growth in the generation of these types of wastes, as well as technical and environmental problems of their use are analyzed. The expediency of improving the technology of cleaning grain waste from oil impurities in the process of manufacturing pellets is given. It is shown that the main problem of using seed waste is the lack of technological equipment for extracting oil and grain impurities from it. Also substantiated is the outdated arbitration method of manual disassembly of a sample of grain crops to determine the indicators of weediness in the laboratory. The work of equipment of different ways of interaction with the grain mass has been studied and an aerodynamic method of garbage sorting has been proposed. The main disadvantages of the selected sorting method and the possibility of possible improvement and modernization of equipment are indicated. Based on the data obtained on the content of oil / grain impurities, the calculation of lost profits was made and the economic feasibility of processing grain waste was shown. Based on the results of comparative sorting, it was concluded that it is expedient to create new equipment for fine sorting, taking into account the following requirements: modernization of sorters using separation in a horizontal air flow; use of separation in the ascending air stream; creation of a unit that uses a combination of these separation methods with others. The data obtained as a result of research, as well as the predicted indicators of the technical level of the machine, allow us to assess the possible economic effect from its use.*

Keywords: *sorting, waste, grain, impurities, husk, aerodynamic method.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Чурсінов Юрій Олексійович — д-р техн. наук, проф., Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова 25, м. Дніпро, Україна, 49000; +38 (050) 229-48-95; chursinov8888@gmail.com; ORCID: 0000-0003-4774-646

Луценко Марина Василівна — канд. техн. наук, доц., вул. Шолохова 19, м. Дніпро, Україна, 49080; + 38 (099) 068-97-13; maryna.lutsenko11@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0924-5157

Кудрявцев Ігор Миколайович — аспірант, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова 25, м. Дніпро, Україна, 49000; +38 (096) 609-11-79; kudravcevigor898@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Tchursinov Yu. O. — D. Sc. in Engineering, Professor, Dnipro State Agrarian and Economic University, Sergiy Yefremov str., 25, Dnipro, Ukraine, 49600; +38 (050) 229-48-95; chursinov8888@gmail.com; ORCID: 0000-0001-4251-6375

Lutsenko M. B. — PhD in Engineering, Associate Professor, Sholokhova St. 19, Dnipro, Ukraine, 49080; + 38 (099) 068-97-13; maryna.lutsenko11@gmail.com; ORCID: 0000-0002-0924-5157

Kudriavtsev I. M. — Postgraduate Student, Dnipro State Agrarian and Economic University, Sergiy Yefremov str., 25, Dnipro, Ukraine, 49600; +38 (096) 609-11-79; kudravcevigor898@gmail.com