



Підвищення ефективності роботи зерноочисної техніки від шкідливого впливу дисперсного пилу

Є.А. Гаєк

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, (м. Харків, Україна)
email: gaekevgen@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7470-9918*

Розглянуто способи підвищення ефективності працездатності зерноочисної техніки в сільськогосподарському виробництві.

Метою роботи є підвищення ефективності та працездатності техніки для збирання та обробки зернових культур шляхом комплектування систем очищення: електро-статичним фільтром дизельного палива, використання ротаційного циклону від шкідливого впливу дисперсних частинок.

Збільшення довговічності та продуктивності зернозбиральної техніки та зерноочисних машин є однією з найважливіших проблем сучасного розвитку у галузі, тому що простої техніки під час збирання та переробки зернової продукції пов'язано з великими економічними втратами. Технічними аспектами її рішення є поряд з конструкторськими розробками, що забезпечують необхідне підвищення працездатності техніки, поліпшення якості отриманого зернового матеріалу та паливомастильних матеріалів. Для досягнення поставленої мети пропонуються способи очищення від твердих дисперсних часток. З існуючих засобів очистки, що підвищують працездатність сільськогосподарської зерноочисної техніки, необхідно вибрати оптимальні, що дають при мінімальних втратах максимальний ефект в експлуатаційних умовах сучасного АГВ.

У статті представлені способи різного принципу дії з системами доочищення для зерноочисних сепараторів та застосування фільтрів очищення дизельного палива, що використовують неоднорідне електричне поле.

За результатами виробничими випробуваннями ротаційного циклону отримано ефективність процесу очищення зернових сумішей від дисперсних частинок пилу на 30...35 %, та збільшення продуктивності пересувних зернових сепараторів на 20...23,2 %. Застосуванням розробленої системи очищення і підготовки дизельного палива показали можливість збільшення ресурсу фільтрів тонкого очищення в 5 разів при одночасному збільшенні ресурсу плунжерних пар ТНВД в 2 рази.

Ключові слова: процеси очищення, запилений повітряний потік, циклон, інтенсифікація, продуктивність, дисперсні частинки.

Вступ. Заплановане стає виробництво зернових культур в Україні до 50 млн. т., потребує вчасної та продуктивної післязбиральної обробки зерна. Недостатня фактична наявність зерноочисних машин близько 50 %, більшість яких відпрацювала амортизаційні строки потребує високопродуктивної зернозбиральної техніки з ефективним технологічним процесами.

Аварійні зупинки двигунів зернозбиральної техніки обумовлює фінансові втрати сільськогосподарських виробництв, що значно перевищують вартість усунення відмови.

Забезпечення справного стану парку сільськогосподарської техніки на підприємствах України не потребують серйозної модернізації. Підвищення ефективності експлуатації є одним з

основних завдань, вирішення якої можливе шляхом підвищення якості чистоти використовуваного дизельного палива.

Аспіраційні системи зерноочисних машин повинні забезпечити роботу пневмосепарувальних каналів та санітарні норми обслуговуючої робочої зони за допомогою пиловловлювачів. Пиловловлювачі не в змозі задовільнити зростаючі вимоги виробництва: забезпечити нормовану запиленість робочої зони зі збільшенням продуктивності пересувних зернових сепараторів, та потребують істотного удосконалення.

Мета й визначення завдання. Метою роботи є підвищення ефективності та працездатності техніки для збирання та обробки зернових культур шляхом комплектування систем очищення:

електро-статичним фільтром дизельного палива, використання ротаційного циклону від шкідливого впливу дисперсних частинок.

Аналіз публікацій. Проблема збільшення довговічності та продуктивності зернозбиральної техніки та зерноочисних машин є однією з найважливіших проблем сучасного розвитку у галузі, тому що простої техніки під час збирання та переробки зернової продукції пов'язано з великими економічними втратами. Технічними аспектами її рішення є поряд з конструкторськими розробками, що забезпечують необхідне підвищення працездатності техніки [1], поліпшення якості отриманого зернового матеріалу та паливо мастильних матеріалів. Для досягнення поставленої мети пропонуються способи очищення від твердих дисперсних часток. З існуючих засобів очищення, що підвищують працездатність сільськогосподарської зерноочисної техніки, необхідно вибрати оптимальні, що дають при мінімальних витратах максимальний ефект в експлуатаційних умовах сучасного АПВ України [1].

Проведений огляд способів підвищення ефективності очищення від дисперсних частинок дозволив їх класифікувати на механічні (сухі та мокрі); фізико-хімічні (абсорбція, адсорбція) та хімічні (термічне, каталітичне). Запропоновані способи очищення від дисперсних частинок відносяться до механічних.

З аналізу способів витікає, що найбільш перспективним напрямком підвищення ефективності очищення від дисперсних частинок зернозбиральної техніки та зерноочисних машин є способи з комбінуванням пристроїв різного принципу дії з системами доочищення для зерноочисних сепараторів та застосування фільтрів очищення дизельного палива, що використовують неоднорідне електричне поле.

Вирішення завдання. В сучасних двигунах внутрішнього згорання, встановлених на сільськогосподарській техніці, більше половини зносив викликано абразивними дисперсними частинками. Абразивний знос є основним для багатьох деталей [2], які працюють в середовищах, що містять абразивні частинки.

Як показує досвід експлуатації техніки, в більшій мірі у паливної апаратури зношуються такі прецизійні деталі: гільзи і плунжери насоса високого тиску: нагнітальні клапани і розпилювачі форсунок [2].

У дизельному паливі середнім вмістом забруднюючих домішок прийнято вважати 100 г на 1 т палива (0,01 %). Однак в разі роботи зернозбирального комбайна при запиленості повітря 1...2,5 г/м³ концентрація механічних домішок зростає у два та три рази в порівнянні з початковою. Дисперсні частинки пилу, що містяться в повітрі, порівняно легко проникають в паливні баки через дренаж. Ґрунтовий пил проникає в паливні

насоси високого тиску головним чином через фільтри, які не забезпечують очистку після певного терміну служби [3].

Дизельне пальне, яке видається нафтобазами, містить 100...120 г забруднюючих домішок на 1 т палива. У дизельному пальному, яке не пройшло через відстійник, що перевозиться в цистернах і бочках, є більш 0,03 % забруднюючих дисперсних домішок. Іноді в одному літрі палива, злитого з бака комбайна, міститься більше 2,5 г шкідливих домішок.

Існує два шляхи забезпечення чистоти нафтопродуктів на необхідному рівні - попередження погіршення показника шляхом здійснення профілактичних і захисних заходів, а також відновлення якості нафтопродуктів за допомогою їх очищення.

Домішки та пил за основними геометричними ознаками поділяються за: дисперсним складом, формою, макро- і мікрорельєфом поверхні. Частинки мають фізико-механічні властивості: масові (щільність однієї і сукупності частинок); аеродинамічні (обумовлені в'язкими і динамічним зіткненням повітряного середовища); електрофізичні; теплофізичні та ін.

В дизельному паливі середнім вмістом забруднюючих домішок прийнято вважати 100 г на 1 т палива. У процесі транспортування і зберігання ця величина може збільшуватися до 300 г на 1 т палива. Після заправки такого палива в бак і з урахуванням запиленості повітря, корозії стінок бака ця величина значно збільшується. Як показано вище, іноді в 1 л палива, злитого з бака комбайна, міститься більше 2,5 г забруднюючих домішок, тобто концентрація домішок може зростати до 2500 г/т. В таких умовах дуже сильно зростає роль системи фільтрації палива, бо інші способи підвищення ресурсу прецизійних пар (конструктивні або технологічні) будуть не ефективними.

Вирішальним фактором для отримання чистоти палива в системі є його підготовка перед заправкою в бак поряд з правильною концепцією фільтрування відносять оптимальний вибір способів фільтрування (очищення) і систем очищення.

Критеріями оцінки якості очистки є, в основному, високий і стабільний коефіцієнт очищення і велика брудоемність систем очищення.

Коефіцієнт очищення фільтруючого елемента - це величина осаджуючої здатності фільтра при певних розмірах частинок. Вона визначається значенням b_x . Значення b_x , що вимірюється по ISO 4572 (стосовно надтонкою очищення), - це відношення всіх частинок, більше x в мкм, перед фільтром, до всіх частинок, більше x в мкм, після фільтра, тобто в нашому конкретному випадку:

$$b_{x \geq 6...8 \text{ мкм}} = \frac{\text{перед фільтром}}{\text{після фільтра}} \quad (1)$$

Перший спосіб включає в себе використання електросепаратора для очищення робочих діелектричних рідин від твердих нерозчинних домішок з постійним виведенням частинок твердої дисперсної фази.

Електросепаратор працює наступним чином: при підведенні різниці потенціалів від джерела високої напруги через електровводи до електродів між ними виникає яскраво виражене неоднорідне електростатичне поле.

Паливо вводиться через вхідний патрубок в центральну частину пристрою, тобто в зону з максимальною напругою поля. Під дією сил електростатичного поля тверді частинки забруднень відкидаються до центрального електроду, що захватують основним потоком рідини, виводяться назовні через штуцер відводу концентрату забруднень. А з периферійної зони пристрою через колектор відбору відбирається чиста рідина.

Розрахунки показують: щоб зменшити концентрацію домішок забруднення в паливі з 2500 г/т до величини не більше 50 г/т при забезпеченні відсіювання частинок в розмірі 4...6 мкм і більше, коефіцієнт очищення фільтра повинен бути в межах 50...75 %.

Дрібнодисперсний пил після комбайнування потрапляє на переробку з зібраним зерновим матеріалом. Засміченість якого перевищує встановлені ДСТУ норми.

За агротехнічними вимогами до зернозбиральних комбайнів чистота зернового вороху становить: при прямому комбайнуванні не нижче 95 %, при роздільному не нижче 96 %. Тобто, вміст легких домішок у зернових сумішах не перевищує $\delta = 5\%$ [4]. Однак ці вимоги не завжди виконуються і на післязбиральну обробку надходить зерновий матеріал чистота якого становить 74...99 % [5].

Зерноочисні машини виконують очищення зібраного зернового матеріалу вологістю до 40 % з вмістом домішок та пилу.

Концентрацію частинок домішок та пилу ($\text{кг}/\text{м}^3$) на вході в пиловловлювачі пристрої визначають за виразом [6]:

$$\mu_k = \frac{P}{Q \cdot 100} \delta, \quad (2)$$

де P – продуктивність сепаратора, $\text{кг}/\text{год}$; Q – витрати повітря, $\text{м}^3/\text{год}$; δ – вміст домішок в зерновій суміші, %.

Дрібнодисперсний пил являє собою багатодисперсну систему, що складається з газоподібної несучої (повітряної) і дисперсної фази (частинки пилу і домішок).

До складу зернової маси входять, як зерна основної культури, так і різноманітні домішки. Домішки та пил - це неоднорідна система частинок, що мають відмінну геометричну форму та розміри, щільність яких варіюється. У багатьох

випадках частинки домішок є ізомерами, тобто речовинами, які, маючи практично однаковий хімічний склад, володіють різними фізичними і хімічними властивостями через відмінну будову.

За даними ВНДІЗ в зерні міститься до 0,3 % пилу до його загальної маси [6].

Частина зернового пилу знаходиться в зв'язаному стані, тобто, в звичайних умовах не відділяється від поверхні зерна і залягає в борозенках насіння і оболонках. В процесі очищення зерна відбувається відділення від поверхні мінеральних (в основному ґрунтового походження) і органічних частинок (оболонки і частинки зерна, частки колоса і т.п.). Інтервал дисперсності частинок подібного пилу варіюється від 10^{-7} до 10^{-1} см [6].

Виходячи з цього для зерноочисних машин продуктивності 15000...25000 $\text{кг}/\text{год}$ вміст смітної домішки складе 3000...5000 $\text{кг}/\text{год}$, соломистих частин 750...1250 $\text{кг}/\text{год}$, частинок пилу близько 45...75 $\text{кг}/\text{год}$. Причому частинок пилу розмірами до 1 мкм до 3,735 $\text{кг}/\text{год}$, понад 1...5 мкм до 7,47 $\text{кг}/\text{год}$, понад 5 до 10 мкм до 11,16 $\text{кг}/\text{год}$, понад 10 мкм до 22,635 $\text{кг}/\text{год}$.

Дисперсний пил є одним з поширених несприятливих факторів, що створюють негативний вплив на здоров'я працюючих та техніку. Технологічні процеси роботи сільськогосподарської техніки та зернопереробних підприємств супроводжуються утворенням дрібних частинок твердої речовини - пилу, які потрапляють в повітря виробничих приміщень і певний час знаходяться в ньому в підвищеному стані [7].

Другий спосіб. Запилений повітряний потік надходить в циклон на лопаті вентилятора-завихрювача, який обертається. Відцентрові сили спрямовують дисперсні частинки до стінок корпусу і через отвори в осаджувальну камеру. Очищений повітряний потік виходить з пиловловлювача через центральні отвори дисків доочисника, які також обертаються. Дисперсні частинки, що залишилися в потоці, за рахунок тиску, що утворився між дисками, відкидаються через отвори в осаджувальну камеру [8].

Загальний коефіцієнт очищення ротаційного циклону визначали за рівнянням:

$$\eta_o = \frac{\sum G_{\text{вловл}i\text{ПЦ}}}{\sum G_{oi}}, \quad (3)$$

де $G_{\text{вловл}i\text{ПЦ}}$ – маса вловлених ротаційним циклоном дисперсних частинок 1, 2, 3 фракції; G_{o1} , G_{o2} , G_{o3} – маса частинок які поступають на очищення 1, 2, 3 фракції.

Висновки. Представлені способи очищення від дисперсних частинок пилу ефективно показали себе у сільськогосподарському виробництві.

Проведені стендові випробування ефективності застосування попередньої підготовки і очищення дизельного палива показали: збільшення

повноти відсіву забруднювача штатним фільтром тонкого очищення на 17 %, а збільшення повноти відділення води штатними фільтрами тонкого очищення на 38 %.

Експлуатаційні випробування із застосуванням розробленої системи очищення і підготовки дизельного палива показали можливість збільшення ресурсу фільтрів тонкого очищення в 5 разів при одночасному збільшенні ресурсу плунжерних пар ТНВД в 2 рази.

Виробничими випробуваннями ротаційного циклону встановлено, що ефективність процесу очищення зернових сумішей від дисперсних частинок пилу підвищується на 30...35 %, що обумовлює збільшення продуктивності пересувних зернових сепараторів на 20...23,2 %.

Література:

1. Кравчук В.А. Нова програма – стратегія технічного оснащення АПК. // Сільськогосподарська техніка України, 1998, №5, с. 6-7.
2. Дидур В.А., Иванов Г.И., Дидур В.В. Прогнозирование ресурса топливной аппаратуры дизелей в зависимости от загрязненности топлива. //В кн.: Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Вып. 1. - Мелитополь. 1999. - 93 с.
3. Красников Ю.В. Прогнозирование ресурса плунжерных пар с применением физического и математического моделирования //Автомобильный транспорт. Сб. науч. трудов. Вып. 3. - Харьков: ХГАДТУ, 1999, с.15-19.
4. Ольшанський В.П., Ольшанський О.В. Про квадратичну апроксимацію розподілу питомої маси в шарі вібросепарованої зерноsumіші. *Інженерія переробних і харчових виробництв*. 2016. № 1(2). С. 66–70.
5. Денисенко С.А. Выбор и обоснование параметров воздухоочистителя малогабаритного с/х агрегата с разработкой технологии восстановления: дис. ...канд. техн. наук.: 05.20.03. Харьков, 1994. 182 с.
6. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Інформація та документація).
7. Беспалов В.И., Лысова Е.П., Иванова А.С. Применение нового научного подхода к оценке

свойств зерновой пыли. *Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона»*. 2018. №2(49) URL: <http://198.199.124.83/ru/magazine/archive/N2y2018/5076>

8. Харченко С.А., Гаек Е.А. Способ повышения эффективности процесса очистки воздушного потока и разработка циклона аспирационных систем зерноочистительных машин. *Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ*. 2013. Вип.135. С. 87-92.

References:

1. Kravchuk, V., 1998. Nova programma – strategiya tehnlchnogo osnaschennya APK. *Silskogospodarska tehnlka UkraYini*, (5), pp.6-7.
2. Didur, V., Ivanov, G. and Didur, V., 1999. *Prognozirovanie Resursa Toplivnoy Apparaturyi Dizeley V Zavisimosti Ot Zagryaznennosti Topliva*. 1st ed. Melitopol: Pratsl TavryliskoYi derzhavnoYi agrotehnlchnoYi akademiYi, p.93.
3. Krasnikov, Y., 1999. Prognozirovanie resursa plunzhernyih par s primeneniem fizicheskogo i matematicheskogo modelirovaniya. *Avtomobilnyiy transport*, 3, pp.15-19.
4. Olshanskyi, V. and Olshanskyi, O., 2016. Pro kvadratychnu aproksymatsiiu rozpodilu pytomoi masy v shari vibroseparovanoi zernosumishi. *Inzheneriia pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv*, 1(2), pp.66-70.
5. Denisenko, S., 1994. *Vyibor I Obosnovanie Parametrov Vozduhoochistitelya Malogabaritnogo S/H Agregata S Razrabotkoy Tehnologii Vostanovleniya*. Ph.D. HNTUSG.
6. DSTU 4138–2002, 2003. *Nasinnia Silskohospodarskykh Kultur. Metody Vyznachennia Yakosti*. Derzhspozhyvstandart Ukrainy, p.173.
7. Bepalov, V., Lyisova, E. and Ivanova, A., 2018. Primenenie novogo nauchnogo podhoda k otsenke svoystv zernovoy pyili. *Inzhenernyiy vestnik Dona*, [online] 2(49). Available at: <<http://198.199.124.83/ru/magazine/archive/N2y2018/5076>> [Accessed 20 August 2020].
8. Harchenko, S. and Gaek, E., 2020. Sposob povysheniya effektivnosti protsessa ochistki vozdushnogo potoka i razrabotka tsyklona aspiratsionnyih. *Vlsnik HNTUSG:Mechanizatsiya silskogospodarskogo virobnytstva*, 135, pp.87-92.

Аннотация

Повышение эффективности работы зерноочистительной техники от вредного влияния дисперсной пыли

Е.А. Гаек

Рассмотрены способы повышения эффективности работоспособности зерноочистительной техники в сельскохозяйственном производстве.

Целью работы является повышение эффективности и работоспособности техники для сбора и обработки зерновых культур путем комплектования систем очистки: электро-статическим фильтром дизельного топлива, использования ротационного циклона от вредного воздействия дисперсных частиц.

Увеличение долговечности и производительности зерноуборочной техники и зерноочистительных машин является одной из важнейших проблем современного развития в отрасли, потому что простой техники во время уборки и переработки зерновой продукции связано с большими экономическими потерями. Техническими аспектами ее решения наряду с конструкторскими разработками, которые обеспечивают необходимое повышение работоспособности техники, улучшения качества полученного зернового материала и топлива смазочных материалов. Для достижения поставленной цели предлагаются способы очистки от твердых дисперсных частиц. Из существующих средств очистки, повышающие работоспособность сельскохозяйственной зерноочистительной техники, необходимо выбрать оптимальные, дающие при минимальных затратах максимальный эффект в эксплуатационных условиях современного АПП.

В статье представлены способы различного принципа действия с системами доочистки для зерноочистительных сепараторов и применение фильтров очистки дизельного топлива используют неоднородное электрическое поле.

По результатам производственными испытаниями ротационного циклона получено эффективность процесса очистки зерновых смесей от дисперсных частиц пыли на 30...35% и увеличение производительности передвижных зерновых сепараторов на 20...23,2%. Применением разработанной системы очистки и подготовки дизельного топлива показали возможность увеличения ресурса фильтров тонкой очистки в 5 раз при одновременном увеличении ресурса плунжерных пар ТНВД в 2 раза.

Ключевые слова: процессы очистки, запыленный воздушный поток, циклон, интенсификация, производительность, дисперсные частицы.

Abstract

Improving the efficiency of grain cleaning equipment from the harmful effects of dispersed dust

Ye.A. Haiek

Ways to increase the efficiency of grain cleaning equipment in agricultural production are considered.

The aim of the work is to increase the efficiency and efficiency of equipment for harvesting and processing of cereals by completing cleaning systems: electrostatic filter of diesel fuel, the use of a rotary cyclone from the harmful effects of dispersed particles.

Increasing the durability and productivity of grain harvesting equipment and grain cleaning machines is one of the most important problems of modern development in the industry, because the simple equipment during harvesting and processing of grain products is associated with large economic losses. The technical aspects of its solution are, along with design developments that provide the necessary increase in efficiency of equipment, improving the quality of the obtained grain material and fuel lubricants. To achieve this goal, methods of purification from solid dispersed particles are proposed. From the existing cleaning agents that increase the efficiency of agricultural grain cleaning equipment, it is necessary to choose the optimal ones that give the maximum effect in the operating conditions of modern APV at minimum costs.

The article presents methods of different principle of operation with aftertreatment systems for grain cleaning separators and the use of diesel fuel purification filters that use a heterogeneous electric field.

According to the results of production tests of the rotary cyclone, the efficiency of the process of cleaning grain mixtures from dispersed dust particles by 30...35 %, and increase the productivity of mobile grain separators by 20... 23.2 %. The application of the developed system of purification and preparation of diesel fuel showed the possibility of increasing the resource of fine filters by 5 times while increasing the resource of plunger pairs of pumps in 2 times.

Keywords: purification processes, dusty air flow, cyclone, intensification, productivity, dispersed particles.

Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard

Haiek, Y. (2020) 'Improving the efficiency of grain cleaning equipment from the harmful effects of dispersed dust', *Engineering of nature management*, (3(17)), pp. 53 - 57.

Подано до редакції / Received: 05.09.2020