

УДК 631.052: 62-192

Федченко З.А.*асистент**кафедра надійності техніки**Національний університет біоресурсів і природокористування України**Київ, Україна**E-mail : zoya140790@mail.ru*

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ ТА ПРИЧИНИ ЗНОШУВАННЯ ОТВОРІВ СЕПАРУЮЧИХ РЕШІТ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Анотація

Значна частина науковців займаються удосконаленням сепаруючих робочих органів, що містять новизну але знижують загальну надійність дробарки. У статті наведено основні пошкодження сепаруючих решіт дробарок, що призводить до неефективного подрібнення зернової маси. Дослідження спираються на фізичну природу зношування сепаруючих решіт, що практично не вивчалися в наслідок складності будови їх робочих поверхонь. Основною гіпотезою причин зношування поверхонь є вплив потоку зернової суміші, а також, невелика кількість абразивних частинок, що мають твердість більшу за твердість матеріалу решета. Враховуючи особливості сепаруючих решіт, як перфорованих деталей, перспективним для підвищення ресурсу слід вважати пошук, перш за все, конструктивних методів підвищення довговічності.

Результат розробленої методики пов'язаний з умовами експлуатації і технології виготовлення решіт, де застосування зміцнюючих покриттів або зносостійких матеріалів не є технічно доцільним і економічно виправданим. Одним з таких підходів є конструктивний метод з використанням переворот решета на менш зношену сторону (переворот на 180°).

Ключові слова: дробарка, решето, спрацювання, подрібнення, довговічність, переворот.

Вступ. Розвиток тваринництва в Україні передбачає впровадження інноваційних технологій приготування комбікормів із підвищенням якості їх виробництва.

На сьогодні основним обладнанням для подрібнення зернового матеріалу є молоткові дробарки ударної дії. Головними сепаруючими елементами в цих машинах, що відповідають за якість вихідного матеріалу, як правило, є решета. Саме за допомогою решіт контролюється крупність помелу, а значить і якість вихідного продукту при виконанні операції просіювання. В процесі експлуатації сепаруючі робочі органи інтенсивно зношуються і досить швидко втрачають працездатність, що робить їх недостатньо ефективними у використанні.

Проблема забезпечення необхідної надійності решіт пов'язана, насамперед, із своєрідністю їх конструкцій та особливістю умов експлуатації.

Комплексний підхід на основі аналізу причин відмов сепаруючих робочих органів з урахуванням їх конструктивних особливостей, відкриває нові перспективи у забезпеченні необхідної їх довговічності. Це робить проведення досліджень у даному напрямку своєчасними і актуальними.

Зношування є природним енерговитратним процесом в результаті проходження якого втрачається первинна форма і маса деталі. Досвідом експлуатації машин встановлено, що первинна форма деталей в процесі зношування змінюється на таку, яка характерна для тривалого періоду їх роботи. При цьому інтенсивність зношування, як правило, зменшується і незважаючи на збільшення самої величини зношування, отримана припрацьована форма деталей зберігається.

Тобто, в природі контактної взаємодії деталей будь-то в закритих чи відкритих вузлах тертя, спостерігається поступове розвантаження дільниць з високим тиском і перерозподіл зусиль на всю поверхню тертя. Таким чином, сама природа контактної взаємодії тіл і зношування в результаті переміщення оптимізує поверхні тертя до таких, які зношуються мінімально.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні в підвищенні довговічності деталей сформувалися два основні напрямки: конструктивний і технологічний.

Конструктивний напрямок отримав розвиток завдяки пошуку таких форм отворів, які краще забезпечують виконання основного технологічного процесу розділення суміші на фракції. Проблема довговічності отворів в цих роботах піднімається не завжди і в основному, як супутній фактор в забезпеченні продуктивності і якості помелу.

Технологічні методи підвищення довговічності сепаруючих робочих органів не знайшли свого розповсюдження. Незважаючи на велику різноманітність цих методів, матеріалів і технологій зміцнення поверхонь, інформація про їх впровадження відсутня. Очевидно причина цього полягає в тому, що фактично в решетах робочі поверхні по всій сутності займають незначну площу в порівнянні із загальною поверхнею всієї деталі. Крім того практична реалізація технологічних методів зміцнення представляє певні труднощі виробничого характеру.

В удосконалення конструкцій сепаруючих робочих органів подрібнювачів значний вклад внесли: Ревенко І. І., Сироватка А. А., Шмат С. І., Моисеев А. А., Тимановський А. В., Карпенко М. І., Рожківський М. Ф. та інші [1-8]. В своїх роботах автори пропонують різні підходи до вирішення проблеми підвищення ефективності використання решіт в тому числі і молоткових дробарок сільськогосподарського призначення.

Загальним для всіх представлених форм отворів є характерний вид пошкоджень - зношуванням. В результаті зношування відбувається збільшення розмірів отворів, що знижує якість і ефективність сепарації. При цьому погіршуються показники роботи дробарки.

Проведені дослідження показують, що для підвищення довговічності решіт на сьогоднішній день, найбільш перспективним слід вважати конструктивні методи. Решета сепараторів, подрібнювачів чи дробарок представляють собою особливі деталі на 80% перфоровані отворами і тому застосування багатьох відомих конструктивних методів не представляється можливим, а пошук не дорогих, ефективних і технологічно доступних для серійного виробництва представляє собою актуальне науково-технічне завдання.

Мета. Метою дослідження динаміки зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт при зношуванні є розроблення методу зняття відбитків робочої поверхні [9]. Зняття відбитків поверхні решета з досліджуваних ділянок проводиться через рівні проміжки наробітку ($\Delta Q=100 \text{ m}$) з наступним фотографуванням отриманих профілів.

Профілі, що утворилися в процесі експлуатації визначають динаміку зміни форми отворів решіт, що дає можливість побудувати залежності зміни геометричних параметрів при допустимих і граничних зносах. Зміна геометрії отворів вказує на формування особливої поверхні в процесі сепарації і може оцінюватися: зносом за товщиною і площею зношених дільниць в перерізі.

Методологія дослідження. Зміна форми поверхні отворів решета в процесі експлуатації представляється відповідними профільними кривими C, D, E, F, G, H (рис. 1). Відстань, що знаходиться між утвореними профілями складає шар матеріалу деталі, що зносився за проміжок наробітку (ΔQ). Товщину даного шару визначаємо за допомогою проведених нормалей до однієї із утворених поверхонь зношування, що дорівнює величині лінійного зносу у відповідних точках отвору в кожному періоді (ΔQ).

Таким чином, система профільних кривих і нормалей, які проведені до них утворюють сітку зносу. Дана сітка описує загальний характер зміни форми отворів та розподіл величин зносу на поверхні тертя в повному обсягу.

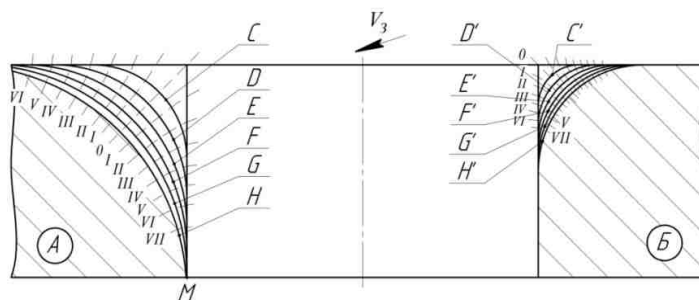


Рис. 1. Схема утворення профілів та сітка зносу в перерізі отвору серійних сепаруючих решіт після наробітку:

C – 100 т; D – 200 т; E – 300 т; F – 400 т; G – 500 т; H – 600 т; 0, I, II, III – лінійний знос за весь період наробітку; V_3 – напрям руху зернового матеріалу.

Результати. В процесі дослідження динаміки зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт встановлено, що найбільш інтенсивний процес зношування і швидка втрата початкової форми отворів спостерігається на кутовій ділянці. Крім того, кутова ділянка отворів менш захищена від пошкодження і є більш вразливою для дії зовнішніх факторів руйнування. В необхідності розвантаження, кутова початкова форма, відносно швидко змінюється на округлу, тим самим розширюється периметр взаємодії отвору із зерною масою.

Дослідження динаміки зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт при різних наробітках дробарки, дає можливість кількісно оцінити поступові зміни та встановити характер формування профілів зносу. Схематично динаміка поступової зміни форми отворів при зношуванні, а також нанесення сітки зносу показано на рис. 1.

Аналізом отриманих профілів зношування отворів у перерізі встановлено, що величина зносу на стороні (A) перевищує знос сторони (B). Причиною цього є різниця в кутах атаки поверхні решета частинками зерна, які визначаються орієнтацією протилежних поверхонь отворів і напрямом руху матеріалу V_3 , у подрібнювальній камері.

Основним показником оцінки втрати форми отворів сепаруючого решета у потоці зернового матеріалу являється інтенсивність зносу. В загальному випадку інтенсивність залежить від багатьох факторів, які зв'язані із зносостійкістю матеріалу решета та геометричними формами просіюючих отворів.

Дослідження інтенсивності зношування решіт дає можливість кількісної оцінки зміни форми отворів, шляхом визначення втрати товщини шару матеріалу (Δh) в інтервалах наробітку $\Delta Q = 100$ т за допомогою сітки зносу. Так, на основі проведених вимірювань побудовані відповідні залежності, що представлені на рис. 2 і рис. 3.

Перший період експлуатації, після наробітку 100 т характеризується початковим профілем зношування (рис. 1, поз. C, C'). Аналіз якого показує, що на початку зношування отворів серійних решіт, товщина втраченого шару матеріалу складає 0,41 мм на стороні (A) та 0,23 мм на стороні (B). При цьому за граничне значення зношування слід вважати досягнення утвореного профілю отворів нижньої точки початкової його форми. Продовження експлуатації якого призводить до збільшення отворів, а значить і просіювання частинок, що не відповідають вимогам якості подрібнення.

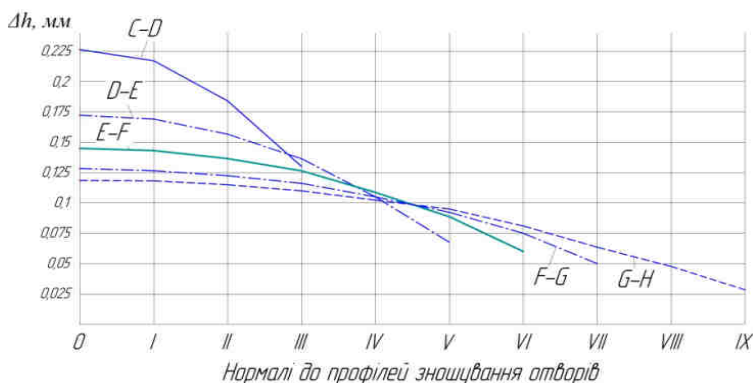


Рис. 2. Залежність втрати товщини матеріалу отворів решета на стороні (А) при наробітках:

$C-D = Q (100-200 \text{ m})$; $D-E = Q (200-300 \text{ m})$; $E-F = Q (300-400 \text{ m})$; $F-G = Q (400-500 \text{ m})$; $G-H = Q (500-600 \text{ m})$.

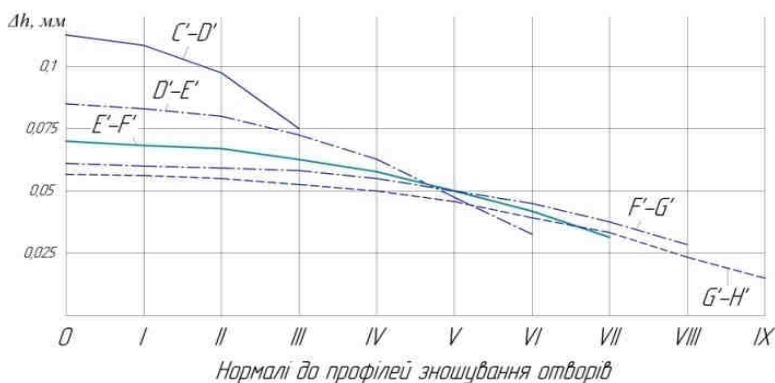


Рис. 3. Залежність втрати товщини матеріалу отворів решета на стороні (Б) при наробітках:

$C'-D' = Q (100-200 \text{ m})$; $D'-E' = Q (200-300 \text{ m})$; $E'-F' = Q (300-400 \text{ m})$;
 $F'-G' = Q (400-500 \text{ m})$; $G'-H' = Q (500-600 \text{ m})$.

Отриманий профіль після наробітку 100 т свідчить про те, що величина втраченого шару матеріалу в зазначеному періоді є величиною, яку можна не враховувати при подальших дослідженнях. Це пояснюється інтенсивним зношуванням кутової форми отворів в початковий період експлуатації з поступовою стабілізацією утвореного профілю, приймаючи форми природного зношування. Стабільний профіль практично не змінює свою форму, а подальше зношування пов'язане з переміщенням лінії профілю у глибину матеріалу. Бокові сторони сепаруючих отворів мають практично однакові величини зношування, тому їх аналіз не вносить особливих коректив у дослідження.

Контроль стану поверхні решета після наробітку $Q = 200 \text{ т}$, показав переміщення утвореного профілю вглиб матеріалу деталі із збільшенням периметру зношування, як на стороні (А) так і на стороні (Б) (рис. 1, поз. D, D'). Аналізуючи отримані дані, можна зробити наступний висновок, що співвідношення довжин дуг утворених профілів характерних сторін змінився в напрямку розширення периметру для взаємодії із подрібненим зерновим матеріалом.

Як видно з отриманих графіків, втрати товщини матеріалу отворів за сторонами носять нелінійний характер. На початку експлуатації решіт, форма отворів досить швидко змінюється, набуваючи округлого профілю з максимальними втратами товщини

шару матеріалу (рис. 2, лінія $C-D$; рис. 3, лінія $C'-D'$). Із збільшенням наробітку утворений профіль зберігає свій загальний характер формування (рис. 1) і просувається у глиб матеріалу деталі займаючи нове своє положення. В той час, як товщина втраченого шару Δh в кожному періоді ΔQ зменшується. Це видно з отриманих профілів (рис. 1, поз. E, E') та представлено на графічній залежності величин лінійних зносів (рис. 2, лінія $D-E$; рис. 3, лінія $D'-E'$). Графік має більший в порівнянні із попереднім ($C-D$) інтервал змінних у визначенні втрат товщини робочої поверхні отворів. Що досить точно відображує специфічні особливості формування профілів зношування і показує зменшення втрат матеріалу просуваючись до бокових циліндричних поверхонь.

Збільшення наробітку серійного сепаруючого решета до 400 т зберігає загальну форму геометрії поверхні із розширенням периметру взаємодії робочого органу із зерною масою (рис. 1, поз. F, F'). Однак, слід відмітити, що товщина втраченого шару за однакові інтервали наробітку (ΔQ) поступово сповільнюються, а загальна довжина профілів отворів – збільшується. Тобто процес утворення профілів зношування носить затухаючий характер (рис. 2, лінії $F-G, G-H$; рис. 3, лінії $F'-G', G'-H'$).

Проведений аналіз підтверджує зменшення інтенсивності зношування при просуванні утвореного профілю вглиб матеріалу деталі, форма якого залишається практично незмінною. Досягнення граничного зношування отворів серійного решета настає після наробітку $Q = 600$ т, коли профіль на стороні (A) досягає своєї нижньої точки (M) (рис. 1, крива H). В той же час, профіль на стороні (B) переміщується повільніше (рис. 1, крива H').

Обробка результатів інтенсивності зношування сторін сепаруючих отворів показує наступне, а саме, швидкість формування профілів зношування по обидві сторони отворів в перерізі набувають різних значень. При досягненні профілем на стороні (A) граничного значення, профіль на стороні (B) пройде, лише частину шляху. Отриманим результатом можна пояснити те, що конструктивно-закладений ресурс решета не використаний в повній мірі, так як сторона (B) не досягла граничного значення.

Зміна форми поверхні сепаруючих отворів під час проведення досліджень зберігає криволінійну (тороїдальну) форму, яка розширює свої границі взаємодії із подрібненим матеріалом. Це робить використання сепаруючих решіт з кутовою поверхнею отворів нерационально виправданною. Так як, зміна цієї форми проходить досить швидко із утворенням плавного профілю.

Отримані характеристики зміни форми отворів з достатньою точністю описують процес переходу утвореної початкової форми профілю у стабільніший. Це дозволяє виявити оптимальну форму поверхні для якої притаманні мінімальні втрати матеріалу решета при експлуатації.

Науковий і практичний інтерес полягає у вивченні формування профілів зношування отворів серійних сепаруючих решіт, а також можливість використання повного закладеного ресурсу. Експериментальні дослідження експлуатації решіт показують нерівномірність процесу зміни форми отворів за сторонами (рис. 1). Отримані результати оцінюються товщиною зношеного шару матеріалу (Δh) за кожен період наробітку ΔQ , що дозволяє виявити оптимальний стан розташування профілю для виконання операції перевертання решета на 180° (реверсу). Виконання даної операції означає одночасне повне зношування протилежних сторін отворів з одночасним досягненням граничного зношування. Це дозволяє збільшити термін експлуатації решета.

Перевертання серійного решета (вперед стороною B) доцільно проводити після наробітку 400 т і визначається таким важливим параметром, як площа втраченого шару матеріалу.

Експлуатація серійних сепаруючих решіт зберігає загальну тенденцію зміни

геометрії отворів в процесі зношування. Слід відмітити, що товщина втраченого шару матеріалу між утвореними профілями за однакові інтервали наробітку на кожній із сторін зменшується, просуваючись вглиб матеріалу. Отриманий результат підтверджує те, що процес утворення профілів зношування рухається в напрямку стабілізації форми отворів серійних решіт.

Профіль отворів решета після наробітку 600-800 т набуває такої форми, яка покращує процес сепарації, про що свідчить якість вихідного продукту. Отримані властивості зберігаються і спостерігаються в подальшому до досягнення сторонами отвору граничного значення зношування (точок M і K). Це дозволило збільшити загальний наробіток до відмови серійного решета зернодробарки з 600 т до 837 т.

Висновки і перспективи. Проведений аналіз показав, що домінуючими рішеннями при удосконаленні сепаруючих робочих органів дробарок є конструктивні. Очевидно це пов'язано з особливостями умов експлуатації і технологій виготовлення решіт, де застосування зміцнюючих покриттів або зносостійких матеріалів не є технічно доцільним і економічно виправданим.

Список використаних джерел

1. Ялпачик Ф. Ю., Олексієнко В. О. Кормодробарка для сімейної ферми. *АПК: наука, техніка, практика*. 1989. № 3. С. 22–23.
2. Ялпачик Г. С., Ялпачик Ф. Е. Кормоизмельчающие молотковые аппараты с режущими элементами. *Совершенствование машин и механизмов при производстве продуктов растениеводства*. Київ : УСХА, 1985. С. 134–142.
3. Рожківський М. Ф. Удосконалення технології подрібнення зернових матеріалів. *Вісник с.–г. наук*. 1975. №12. С. 67–71.
4. Дацишин О. В. Машини та обладнання переробних виробництв. Київ : Вища освіта, 2005. 159 с.
5. Коруняк П. С. Обґрунтування схем і параметрів устаткування ударного подрібнення зерна: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Львів, 2000. 18 с.
6. Рожківський М. Ф. Нове покоління молоткових дробарок. *Техніка АПК*. 2000. № 1. С. 12–14.
7. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы. Тамбов: Изд-во Тамбовского гос. техн. ун-та, 2004. 92 с.
8. Осьмак В. Сучасний стан та перспективи розвитку машин для кормовиробництва. *Збірник наукових праць УкрНДІЛВТ ім. Л. Погорілого*. Дослідницьке, 2009. Вип. 13. С. 259–261.
9. Морозовська З. А. Визначення зносу сепаруючих робочих органів без руйнування. Сучасні проблеми землеробської механіки: XVI міжнародна наукова конференція. Київ: НУБіП, 2015. С. 130.

Дата надходження статті до редакції: 26.03.2017
1 рецензування 20.04.2017 Прийняття в друк: 15.06.2017

Fedchenko Z.A.

assistant

reliability engineering department

National University of life and environmental sciences of Ukraine

Kyiv, Ukraine

E-mail : zoya140790@mail.ru

ANALYSIS OF WORK CONDITIONS AND CAUSES OF WEAR HOLES SEPARATING SIEVES IN SERVICE

Abstract

Many scientists involved in improving the work of separating containing novelty but reduce the overall reliability of the crusher. The article presents the main damage of separating sieves crushers, which leads to ineffective grinding grain mass. The physical nature of the wear of the separating sieves practically not been studied, as a consequence of the complexity of the structure of their working surfaces. The main hypothesis of the causes of the wear surfaces is the influence of the flow of the grain mixture and a small amount of abrasive particles having a hardness greater than the hardness of the material of the sieve.

Given the characteristics of the separation of the screens, as perforated detail, and specific features of the wear holes, are promising for improving the resource should be considered a search, above all, constructive methods of increasing durability. This is due to the operating conditions and manufacturing of the screens, where the use of hardening wear resistant coatings or materials is not technically feasible and economically justified. One such approach is a constructive method provides for the fabrication of sieves with more resistant to wear and form holes.

Keywords: crusher, sieve, wear, grinding, durability, revolution.

References

1. Yalpachuk, F. Y., & Oleksienko, V. O. (1989). Kormodrobarka dlia simeinoi fermi [Crusher for family farms]. *APC: science, technics, practice*, 3, 22–23.
2. Yalpachuk, H.S., & Yalpachuk, F. Y. (1985). *Kormozmelchachi molotkovi aparatu iz rezhushchymy elementamy* [Grinding hammer machines with cutting elements]. Kyiv : USHA, 134–142.
3. Rozkivskii, M. F. (1975). Udoskonalennia tekhnolohii podribnennia zernovykh materialiv [Improving the technology of grinding grain materials]. *Journal of agricultural sciences*, 12, 67–71.
4. Dacushn, O.V., Tkachyk, A. I., & Chubov D. S. (2005). *Mashyny ta obladnannia pererobnykh vyrobnytstv* [Machinery and equipment processing of industries]. Kyiv : Vyscha osvita.
5. Koruniak, P. S. (2000). *Obhruntuvannia shem i parametriv ustatkuvannia udarnoho podribnennia zerna* [Justification circuits and equipment parameters in stroke grinding grain]. Lviv governmental agricultural university. Lviv.
6. Rozkivskii, M. F. (2000). Nove pokolinnia molotkovykh drobarok [A new generation of hammer crushers]. *APC equipment*, 1, 12–14.
7. Borshchev, V. Y. (2004). *Oborudovannia dlia podribnennia materialiv: drobarku i mlunu* [The equipment for crushing materials: crushers and mills]. Tambov : Tambovsky university.
8. Osmak, V. (2009). Suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku mashyn dlia kormovyrobnytstva [The current state and prospects of development machines for the production of feed]. *Scientific papers of L. I. Pohoriloho. Doslidnustke*, 13, 259–261.
9. Morozovska, Z. A. (2015). *Vyznachennia znosu separuiuchykh robochykh orhaniv bez ruinuвання* [Determination of wear separating elements without destruction]. Papers presented at XVI International conference. Kyiv, 130–131.

Received: March 26, 2017

1st Revision: April 20, 2017 Accepted: June 15, 2017