

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток тваринництва в Україні передбачає впровадження інноваційних технологій приготування комбікормів з підвищенням ефективності їх використання.

На сьогодні основним обладнанням для подрібнення зернового матеріалу є молоткові дробарки ударної дії. Головними сепаруючими елементами в цих машинах, які відповідають за якість вихідного матеріалу, як правило, є решета. Саме за допомогою решіт регулюється крупність помолу – основний показник міри подрібнення зернових матеріалів, а, значить, можливостей споживання їх тваринам.

В процесі експлуатації сепаруючі робочі органи інтенсивно зношуються і поступово втрачаючи свою працездатність. Це приводить до зниження ефективності їх використання.

Проблема забезпечення необхідного рівня довговічності решіт представляє значні науково-технічні труднощі пов'язані з конструктивною особливістю перфорованої різноорієнтованою робочою поверхнею самих решіт, а також з багатфакторністю умов експлуатації.

Нові перспективи у вирішенні проблеми підвищення довговічності сепаруючих решіт відкривають конструктивні методи пошуку оптимальних форм елементів деталей, що мають мінімально можливу інтенсивність зношування. Такий підхід робить проведення досліджень у даному напрямку своєчасними і актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Наукові дослідження пов'язані з науково-дослідною роботою Національного університету біоресурсів і природокористування України за темою «Підвищення рівня надійності і конкурентоспроможності складної сільськогосподарської техніки», (номер державної реєстрації 0110U002869); «Обґрунтувати параметри технічного стану сільськогосподарської техніки і режими функціонування систем ремонтно-технологічного забезпечення і технічного обслуговування» (№ державної реєстрації 0113U007633).

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження – підвищення довговічності сепаруючих робочих органів зернодробарок конструктивними методами.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні *завдання дослідження*:

- проаналізувати існуючі конструктивні рішення сепаруючих робочих органів решітних кормодробарок, умови та особливості їх експлуатації;
- виявити причини втрати працездатності решітних сепараторів і визначити шляхи підвищення їх довговічності;
- встановити основні закономірності зміни форми отворів при їх зношуванні; виявити граничні значення і раціональні параметри їх величин для використання конструктивних методів підвищення довговічності;

- обґрунтувати параметри решіт мінімальної інтенсивності зношування; довести необхідність введення нової форми отворів решіт для досягнення їх максимальної довговічності;
- оцінити техніко-економічну ефективність впровадження результатів досліджень.

Об'єкт дослідження – процеси зношування і динаміка зміни параметрів отворів сепаруючих робочих органів зернодробарок.

Предмет дослідження – встановлення закономірностей втрати працездатності сепаруючих робочих органів.

Методи дослідження. Дослідження процесу зміни форми отворів сепаруючих решіт проводяться з використанням основних положень аналітичної і диференціальної геометрії, методів диференціального і інтегрального числень. Використано основні положення кінематики нерівномірного руху. Результати експериментальних досліджень оброблено методами статистичного аналізу. Вивчення топографії поверхонь тертя і металографії металу решіт виконано із застосуванням оптичного обладнання. Для оцінки зношування і зміни форми отворів решіт використано метод реплік з наступною оцінкою площі зношування.

Наукова новизна отриманих результатів. Основні положення дисертаційної роботи визначають наступну наукову новизну отриманих результатів:

- вперше, на основі математичної моделі, описано процес зношування і зміни форми отворів сепаруючого решета. Встановлено граничне значення зношування, яке визначає наробіток до відмови;
- на рівні новизни, за результатами аналізу особливостей динаміки зношування отворів запропоновано тороїдальну конструктивну їх форму, яка сприяє зниженню інтенсивності зношування і підвищує довговічність;
- набув подальший розвиток конструктивний спосіб підвищення довговічності решіт шляхом своєчасного їх перевертання на нову робочу сторону (реверс). Вирішена задача оптимізації наробітку сторін отворів і виявлені параметри перевертання решіт для досягнення максимальної їх довговічності;
- вперше встановлені закономірності розподілу величин зношування визначених за нормаллями до профілів отворів. На підставі цього встановлено затухаючий характер зміни форм профілів з поступовим переходом їх до форми природного зношування.

Практичне значення отриманих результатів полягає у:

- обґрунтуванні тороїдальної форми отворів решіт, близької до форми природного їх зношування;
- встановленні оптимального періоду роботи решіт до їх перевертання (реверсу) для отримання максимального наробітку до повного зношування;
- підвищенні довговічності сепаруючих решіт на 75%.

Результати досліджень впроваджені до виробництва у приватному акціонерному товаристві «Харківпродмаш» (м. Харків, Україна).

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні й експериментальні дослідження за темою дисертаційної роботи виконані здобувачем особисто, зокрема: обґрунтовано актуальність проведення досліджень та проаналізовано зміст публікацій та патентної документації за обраною темою [2, 16]; проведено теоретичні дослідження формування профілів зношування отворів сепаруючих решіт [3]; обґрунтовано накопичувальний процес зношування серійних сепаруючих решіт[5]; запропоновано збільшити ресурс решіт за рахунок їх перевертання (реверсу) [8]; запропоновано конструкцію нового сепаруючого решета з отворами тороїдальної форми [6, 10]; розроблено методику та проведено експериментальні дослідження [12]; вивчено динаміку зміни форм отворів серійних сепаруючих решіт та решіт з отворами тороїдальної форми та їх граничний знос [4, 9, 14]; проведено аналіз результатів експериментальних досліджень; визначено прогнозовану техніко-економічну оцінку ефективності впровадження результатів роботи.

У спільних наукових публікаціях здобувачем наведено, за згодою співавторів, лише власну частину результатів.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на щорічних науково-технічних конференціях науково-педагогічних працівників та аспірантів, що проводилися у Національному університеті біоресурсів і природокористування України впродовж 2013-2017 р.; XV-й Міжнародній науковій конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (Житомир, 16–18 жовтня 2014р.); III-й Міжнародній науковій конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» в рамках роботи 15-ї Міжнародної спеціалізованої виставки-ярмарки «Україна аграрна 2015» (Київ, 19–21 березня 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Молодежный форум: технические и математические науки» (Вороніж, 9–12 листопада 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні технології виробництва зернових культур 2016» в рамках VI Міжнародної виставки інноваційних рішень у зерновому господарстві «Зернові технології 2016» (Київ, 15-17 лютого 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Технічне забезпечення виробництва органічної продукції та біопалива в АПК» в ході проведення XXVIII Міжнародної агропромислової виставки «АГРО-2016» (Київ, 10 червня 2016 р.); Всеукраїнській науково-практичній інтернет-конференції «Інноваційні розробки студентів та молодих науковців в галузі технічного сервісу машин» (Харків, 1–2 грудня 2016 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Технічний прогрес в АПК» (Харків, 23–24 березня 2017 р.); III Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» (м. Житомир, 29–30 березня 2017 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковано в 17 друкованих працях, з яких 7 статей - у наукових фахових виданнях України, з

яких 2 статті включено до міжнародної наукометричної бази даних; 2 статті - у наукових виданнях інших держав; патент України на корисну модель та 7 тез доповідей.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел, що містить 159 найменувань. Матеріали викладені на 163 аркушах комп'ютерного тексту, містить 7 таблиць та 61 рисунок, додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено тему досліджень, обрано об'єкт та предмет досліджень, сформульовано наукову новизну і встановлено практичне значення одержаних результатів.

У першому розділі **"Аналіз конструктивних особливостей, умов експлуатації і видів відмов сепаруючих решіт"** розглянуто основні марки машин, у конструкціях яких встановлюються класифікатори вихідного продукту у вигляді сепаруючих решіт. Проаналізовано умови експлуатації решіт, описано причини виникнення відмов та розглянуті перспективи розвитку конструктивних рішень сепаруючих робочих органів.

В напрямку удосконалення конструкцій сепараторів значний вклад внесли: Ревенко І. І., Сироватка А. А., Пилипенко О. М., Моїсєєв А. А., Тимановський А. В., Карпенко М. І., Рожківський М. Ф. та інші. У своїх роботах автори пропонують різний підхід до вирішення проблеми підвищення ефективності використання решіт у молоткових дробарках сільськогосподарського призначення. Однак, проведені удосконалення їх конструктивних рішень в основному направлені на підвищення продуктивності та якості виконання процесу сепарації, в той час, як підвищенню надійності решіт приділено недостатньо уваги.

Нові перспективи в цьому напрямку відкриває комплексний підхід, який ґрунтується на раціональному взаємному доповненні аналізу форм зношування з конструктивними методами підвищення їх довговічності.

За матеріалами першого розділу сформульовано задачі досліджень.

У другому розділі **"Теорія зношування і зміни форми отворів сепаруючих решіт"** розглянуто нерівномірність розподілу втрати форми отворів і розроблено математичну модель процесу зношування робочої поверхні серійних та експериментальних сепаруючих решіт.

В процесі експлуатації і зношування геометричні параметри серійного робочого органу змінюються в напрямку, насамперед, втрати початкової форми отворів. В результаті, як наслідок, поступово зростає діаметр отворів, що призводить до просіювання частинок більших розмірів і зниження якості продукту.

Припущеннями, прийнятими при моделюванні зношування і зміни форми отворів сепаруючих решіт, є такі:

- лінії профілю зношування з допустимим наближенням можуть бути описані частинами кіл;
- зношені площі суміжних ділянок профілів за рівні проміжки наробітку решета мають однакові величини;
- деякою існуючою різницею в товщині зношеної елементарної ділянки профілю можна знехтувати.

Для математичного опису зношування отворів серійних решіт вибрано систему координат XOY (рис. 1), зв'язану із самим отвором.

Зношування отвору запропоновано розглядати і описати математично, як переміщення кола вписаного в кут отвору. Причому, в міру переміщення коло розвивається, набуваючи більших розмірів із збільшенням радіусу ($r_2 > r_1$).

Доцільно вважати, що граничним кінцевим зношенням сторони отвору є досягнення лінією профілю точки M , коли прохідний діаметр отвору ще не збільшився (показано пунктиром).

Для побудови математичної моделі зміни форми отвору при зношуванні розглянута довільна точка T на початковому профілі 1-1.

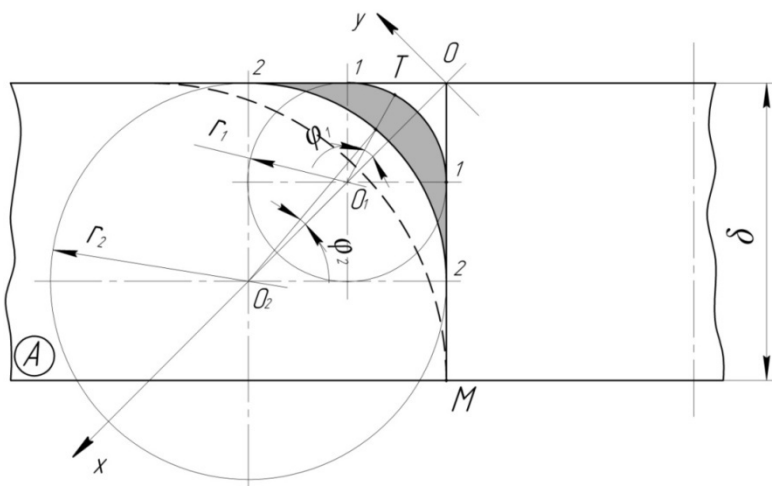


Рис. 1. Розрахункова схема зношування і зміни форми отвору сепаруючого решета

Координати цієї точки, як і будь-якої іншої точки профілю, в залежності від кута φ , в загальній вибраній системі XOY можна записати наступним чином:

$$\begin{cases} x_1 = x_{O1} - r_1 \cdot \cos \varphi_1; \\ y_1 = y_{O1} + r_1 \cdot \sin \varphi_1, \end{cases} \quad (1)$$

де x_{O1} – координата центру кола r_1 ; r_1 – радіус кола, що описує початковий після припрацювання профіль зношування; φ_1 – кут

повороту радіуса кола для профілю 1-1.

Оскільки, переміщення центру кола відбувається вздовж осі OX , $y_{O1} = 0$ то результатом зношування отвору в перерізі, представленою на рис. 2, є втрата площі S_i тіла отвору, що знаходиться між початковим колом радіуса r_1 і утвореним колом радіуса r_2 . Згідно вибраної системи координат і прийнятої схематичної побудови, втрачена площа зношування симетрична відносно осі OX . Тому при її визначенні достатньо розглянути тільки половину цієї площі.

Елементарна ділянка зношування записується у вигляді добутку:

$$dS_i = dl \cdot \Delta h, \quad (2)$$

де Δh – товщина зношеного шару між профілями отвору; dl – елементарна дуга, яка з достатньою точністю може бути визначена як: $dl = r_2 \cdot d\varphi$.

Товщина зношеного шару представлена через координати точки профілю.

Після проведення проміжних алгебраїчних перетворень отримано:

$$dS_i = \frac{1}{2}r_2^2 \cdot d\varphi + \frac{1}{2}r_1^2 \cdot d\varphi + 2r_1r_2 \cdot d\varphi - \sqrt{2}r_2r_1 \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi - \sqrt{2}r_1^2 \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi. \quad (3)$$

Звідки:

$$\int_0^S dS_i = \frac{1}{2}r_2^2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 d\varphi + \frac{1}{2}r_1^2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 d\varphi + 2r_1r_2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 d\varphi - \sqrt{2}r_2r_1 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 \cos \varphi d\varphi - \sqrt{2}r_1^2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 \cos \varphi \cdot d\varphi. \quad (4)$$

де φ_K – кінцеве значення кута повороту радіуса до точки К (рис. 2), яка знаходиться на перетині кіл.

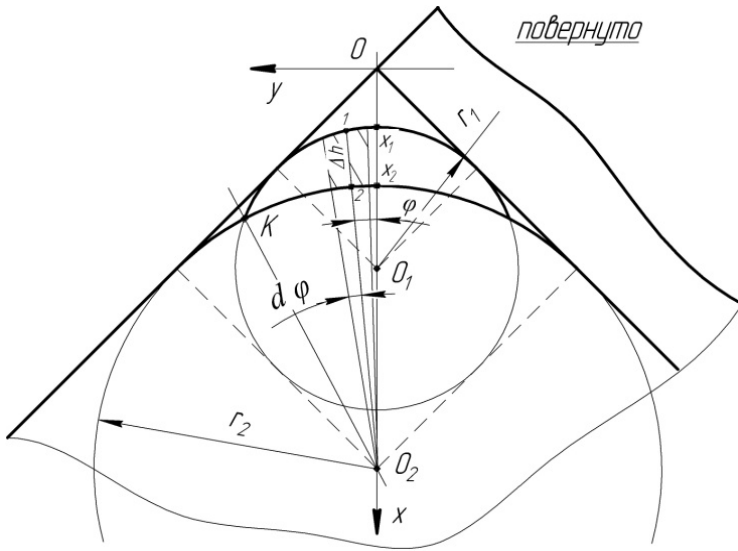


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення закономірностей динаміки зношування отворів решіт

повороту φ_K становить $-42,35^\circ$.

Доцільно зауважити, що встановлення площі зношування за крайньою точкою К перетину кіл вносить деяку похибку у її дійсну величину. Випадає з розрахунку крайова ділянка площі, що знаходиться за межами кіл між дугами профілів від точки К до верхньої зовнішньої робочої поверхні решета. Для компенсації цієї похибки і враховуючи відносну складність визначення кута φ_K , для практичних цілей з достатньою точністю встановлення площі можна прийняти за кінцеве положення зношеного профілю точку дотику, якій відповідає кут $\varphi = \varphi_K = -(\pi/4)$.

Повертаючись до рівняння визначення площі зношування (4) та інтегруючи його, встановлено залежність зміни елементарної ділянки зношування від кута повороту радіуса:

$$S_i = \frac{\pi}{8} \cdot (r_2^2 + r_1^2) + r_1 r_2 \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) - r_1^2. \quad (6)$$

Попередніми спостереженнями зміни форми отвору отримані дані про те, що за рівні проміжки наробітку, профілі зміщуються нерівномірно. На початку

Виходячи із системи рівнянь (1) та виконуючи проміжні алгебраїчні перетворення, кут φ_K визначається з рівності:

$$2 \cdot (r_1 - r_2)^2 + 2\sqrt{2}(r_1 - r_2) \cdot r_2 \cdot \cos \varphi_K + r_2^2 \cdot \cos^2 \varphi_K = r_1^2 \cdot \left(1 - \left(\frac{r_2 \cdot \sin \varphi_K}{r_1} \right)^2 \right). \quad (5)$$

Вирішення отриманого трансцендентного рівняння відносно невідомого кута φ_K проведено за допомогою пакету прикладної обчислювальної програми MathCAD, а також може бути встановлено графічним методом. При заданих початкових умовах $r_1 = 0,1$ мм та $r_2 = 0,11$ мм величина кута

зношування це переміщення значно більше і поступово рівномірно знижується в міру зростання часу експлуатації решіт, що вказує на поступову стабілізацію форми профілів.

Для узагальнення картини зміни форми отворів і виявлення тенденцій їх утворення під дією потоку зернової маси виникає необхідність в розробці загальної моделі зношування.

Відстані між суміжними профілями виражаються через додавання переміщень Δh_i . У загальному випадку для i відрізка шляху маємо:

$$\Delta h_i = \Delta h_{(i-1)} - \Delta h_a = \Delta h_1 - (i-1) \Delta h_a, \quad (7)$$

де Δh_a – втрата частини шляху профілю внаслідок рівносповільненого його переміщення; $i = 1, 2, 3, \dots$ – поточне значення складової суми.

Графічно процес накопичення величини зношування отворів представлено на рис. 3. На горизонтальній осі відкладені відрізки рівносповільнених переміщень профілів Δh_i . Кожному наступному відрізку переміщення профілю відповідають рівні за величиною площі зношування отвору S_i . Таким чином, загальна величина зношування S дорівнює сумі окремих величин зношування S_i , що відбулися за n кроків переміщення профілю (за один крок приймається величина переміщення профілю вглибину матеріалу решета за один період наробітку ΔQ): $S = \sum_{i=1}^n S_i$. Виходячи з цього виразу, переміщення профілю вздовж осі OX (рис. 1) також поступово збільшується:

$$\sum_{i=1}^n \Delta h_i = n \cdot \Delta h_1 - \Delta h_a \cdot \sum_{i=1}^{n-1} i. \quad (8)$$

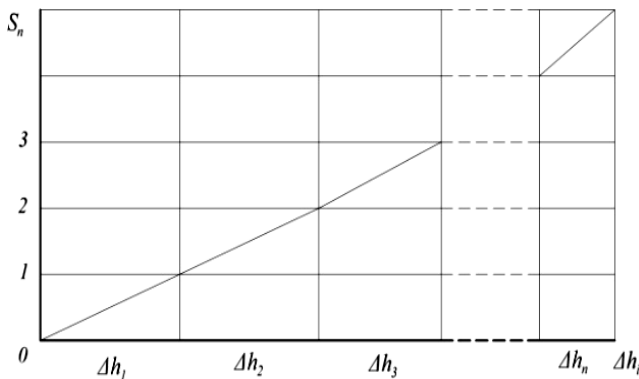


Рис. 3. Накопичення пошкоджень (величин зношення) отворів сепаруючого решета

Одним із ефективних конструктивних методів підвищення загальної довговічності (повного ресурсу) решіт може бути перевертання їх на менш зношену сторону.

Своєчасність і доцільність перевертання визначається кількістю попередньо пройдених кроків n_{nep} .

Виходячи з того, що профілі сторін (A і B) (рис. 4) починають свою роботу одночасно і до моменту перевертання напрацьовують однакову кількість кроків при різних пройдених шляхах можна записати:

$$\text{Сторона } A: \quad h_{A_{nep}} = n_{nep} \cdot \Delta h_{1A} - \Delta h_{aA} \cdot \sum_{i=1}^{n_{nep}-1} i, \quad (9)$$

Сторона B :
$$h_{Bпер} = n_{пер} \cdot \Delta h_{1B} - \Delta h_{aB} \cdot \sum_{i=1}^{n_{пер}-1} i. \quad (10)$$

Комбіноване переміщення профілів за сторонами отвору при зношуванні можна виділити по дві ділянки: до перевертання, що описуються рівняннями (9; 10), і після перевертання. При чому, враховуються, що на кожній з ділянок діють окремі параметри зношування. Різниця між переміщеннями профілів сторони (А) і сторони (В) визначає додатковий шлях, що надає перспективу підвищення довговічності решета.

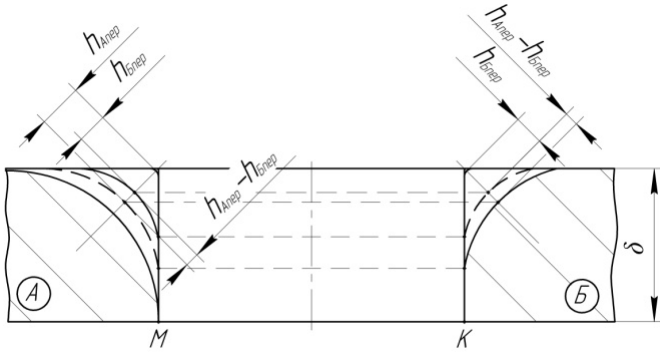


Рис. 4. Розрахункова схема зношування і переміщення профілів при перевертанні серійного решета

загальне переміщення центрів кіл прямує до свого максимального можливого значення:

$$n_M \cdot \Delta h_{1A} - \Delta h_{aA} \cdot \sum_{i=1}^{n_M-1} i + n_{пер} \cdot \Delta h_{1A} - \Delta h_{aA} \cdot \sum_{i=1}^{n_{пер}-1} i + (n_K - n_X) \cdot \Delta h_{1B} - \Delta h_{aB} \cdot \sum_{i=n_X}^{n_K-1} i \rightarrow H_{max} = 2\delta(\sqrt{2} - 1). \quad (11)$$

Модель зношування (переміщення) профілів сторін отвору представлено графічно на рис. 5.

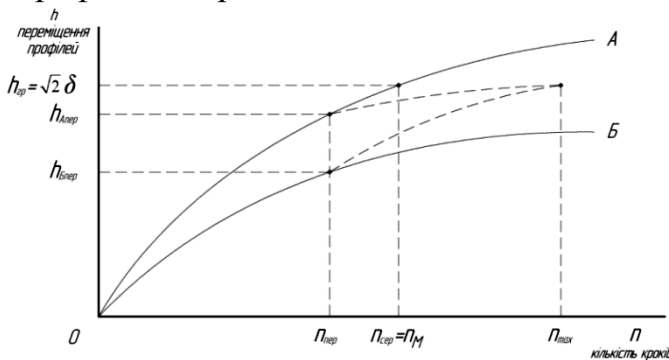


Рис. 5. Динаміка зміни профілів отвору протилежних сторін при перевертанні решіт ($n_{сер} = n_M$ – кількість кроків наробітку серійного решета без перевертання; n_{max} – максимальна кількість кроків наробітку серійного решета з перевертанням).

Таким чином, задача встановлення моменту перевертання зведена до виявлення необхідної кількості кроків загального шляху зношення сторін до свого максимального значення.

Кількість кроків (ітерацій) до перевертання $n_{пер}$ визначається методом послідовних наближень, при якій виконується рівність або досягається мінімальна різниця між лівою і правою частинами, а

Кількість додаткових кроків в зношуванні n_d представляє собою виграш в довговічності решета за рахунок його перевертання. Тоді міра підвищення довговічності за кількістю кроків до повного зношування решіт, при $n = n_{сер}$ представляється відношенням:

$$G_n = \frac{n + n_d}{n} \cdot 100\%. \quad (12)$$

Причому, повне зношування протилежних сторін отворів відбувається одночасно, чим забезпечується максимально можливий наробіток до відмови серійних решіт.

Вивчення особливостей зношування і формоутворення отворів вказує на доцільність надання їм початкової геометрії, близької до форми природного зношування. Очевидно, такою формою є така, що утворюється при завершенні експлуатації серійного решета.

Схематичне зображення такого конструктивного рішення форми просіюючого отвору представлено на рис. 6. Отвір відрізняється тим, що в ньому відсутні гострі кути спряжень робочої і циліндричної поверхонь, як це спостерігається у серійного решета. Замість цього, при виготовленні решіт передбачено переорієнтація матеріалу для формування тороїдальної поверхні отворів, яка є плавним спряженням між верхньою робочою і циліндричною поверхнями. Утворений додатковий об'єм матеріалу у нижній частині отвору спрямований на створення запасу на зношування. В результаті, на тильній поверхні решета формується виступаючі ділянки навколо отворів, які і забезпечують запас матеріалу на зношування. Таким чином, в запропоновану конструкцію закладено зниження швидкості зношування отворів до мінімально можливої, а запас на зношування у вигляді сформованих виступів (Патент України на корисну модель №96341 [10]).

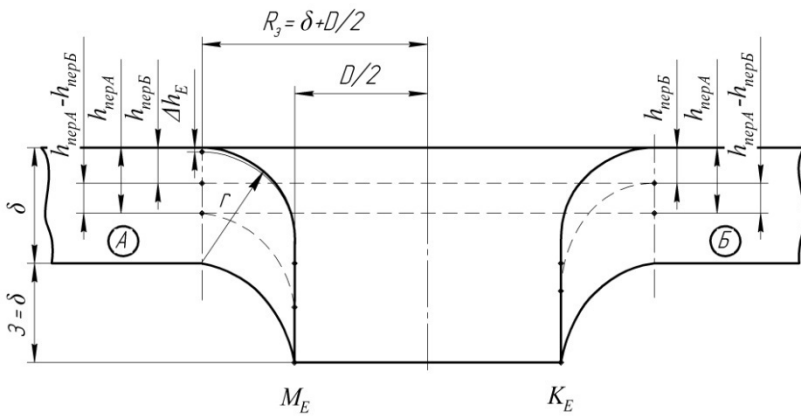


Рис. 6. Конструктивне рішення форми отвору природного зношування

переміщенні профілю сторони (А) на першому кроці; Δh_{aA} – втрата частини шляху профілю внаслідок рівносповільненого його переміщення; n_M – кількість кроків в переміщенні профілю сторони (А) до повного зношування отвору (досягнення точки М).

Таким чином, робочий крок при зношуванні отвору тороїдальної форми є величиною постійною і визначається мінімально можливим кроком серійного решета, який для сторони (А) дорівнює:

$$\Delta h_{AE} = \Delta h_M. \quad (14)$$

Відповідно для сторони (Б) отвору маємо:

$$\Delta h_{BE} = \Delta h_K = \Delta h_{1B} - (n_K - 1) \cdot \Delta h_{aB}, \quad (15)$$

де Δh_{1B} – частина шляху в переміщенні профілю сторони (Б) на першому кроці; Δh_{aB} – втрата частини шляху профілю в наслідок рівносповільненого його

Заклавши для запропонованого решета швидкість зношування отворів мінімально можливою V_{min} і залишаючи товщину решета, як і у серійного рівною δ , величина кроку серійного отвору наприкінці зношування визначається згідно формули:

$$\Delta h_M = \Delta h_{1A} - (n_M - 1) \cdot \Delta h_{aA}, \quad (13)$$

де Δh_{1A} – частина шляху в

переміщення; n_K – кількість кроків в переміщенні профілю сторони (Б) до повного зношування отвору (досягнення точки К).

Експериментальне решето з тороїдальними отворами допускає, як і серійне, реверсний переверот для продовження подальшої роботи. На момент перевертання сторона (А) тороїдального отвору проходить стільки ж кроків як і сторона (Б), однак величина цих кроків різна. Тому при рівномірному покроковому зношуванні сторін можна записати:

$$n_{пер} \Delta h_{AE} = h_{перA}; \quad n_{пер} \Delta h_{BE} = h_{перB}.$$

Перевертання решета приводить до збільшення шляху зношування сторони (А) на відрізок $h_{перA} - h_{перB}$. В той же час, шлях сторони (Б) при зношуванні скорочується на таку ж величину (рис. 6). Тому для сторін, що розглядаються, можна записати:

$$\text{Сторона А: } h_{AE} = h_{AE}(i) \Big|_{i=1}^{n_{пер}} + (h_{перA} - h_{перB}) + h_{AE}(i) \Big|_{i=n_{пер}}^{n_{ME}}; \quad (16)$$

$$\text{Сторона Б: } h_{BE} = h_{BE}(i) \Big|_{i=1}^{n_{пер}} + h_{BE}(i) \Big|_{i=n_z}^{n_{KE}}, \quad (17)$$

де n_z – кількість кроків, що необхідно пройти стороні (Б) до досягнення її профілем такого ж стану (шляху переміщення), який отримає сторона (А) на момент перевертання решета.

Виходячи з рівнянь (16, 17) і, виконуючи проміжні перетворення для суми переміщень сторін тороїдальних отворів експериментального решета, необхідно і достатньо, з умови досягнення максимальної довговічності, виконання наступної умови:

$$h_{AE}(i) \Big|_{i=1}^{n_{ME}} + n_{пер} (\Delta h_{AE} - \Delta h_{BE}) + \Delta h_{BE}(i) \Big|_{i=1}^{n_{пер}} + \Delta h_{BE}(i) \Big|_{i=n_z}^{n_{KE}} \rightarrow H_{max} = 2\delta \quad (18)$$

Рівність або максимальне наближення до рівності отриманого виразу визначає оптимальну кількість кроків до проведення операції перевертання. Міра підвищення довговічності експериментальних решіт з тороїдальною формою отворів, при їх перевертанні відповідає відношенню (12), коли $n = n_{ME}$.

У третьому розділі "**Програма і методика експериментальних досліджень**" приведена програма і методи проведення робіт.

Основними пунктами програми є:

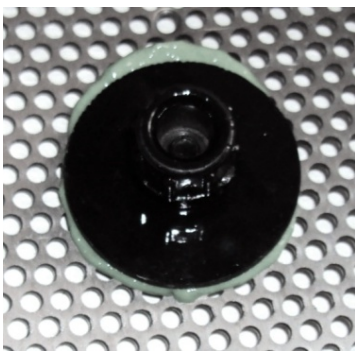
- дослідження динаміки зношування і встановлення закономірностей зміни геометричних параметрів отворів сепаруючих решіт;
- визначення структурних змін матеріалу серійних та експериментальних сепаруючих решіт після їх експлуатації;
- визначення наробітку серійних та експериментальних сепаруючих решіт до їх перевероту на 180° (реверсу), для збільшення можливого ресурсу;

- встановлення впливу зміни форми отворів сепаруючих решіт на якість продуктів подрібнення зернових, шляхом проведення фракційного (ситового) складу отриманого матеріалу.

Дослідження зміни форми отворів серійних та експериментальних решіт проводилися на серійній дробарці, яка відповідає всім вимогам для якісного подрібнення зерна в реальних умовах експлуатації.

Для оцінки зміни форм отворів сепаруючих решіт при їх зношуванні розроблено метод зняття відбитків (реплік) з ділянок, які досліджували, з оцінкою площі зношування.

Закріплення відбиткового матеріалу на ділянці, яка досліджувалася здійснено за допомогою розробленого фіксатора, робоча частина якого копіює поверхневу форму отворів сепаруючого решета (рис. 7).



а



б

Рис. 7. Зняття відбитків фрагментів решіт за допомогою фіксуючого пристосування: а) зняття відбитку з досліджуваної ділянки; б) загальний вигляд відбиткового пристосування (фіксатора).

Зняття відбитків з поверхні проводилося за всім його периметром через рівні проміжки часу. Визначення величини лінійного зносу за кожен вибраний проміжок наробітку проводилося за допомогою побудови сітки зносу, що складається із утворених профільних кривих та проведених до них нормалей. Довжина нормалей обумовлена товщиною втраченого шару матеріалу. На підставі результатів побудовано графічні

залежності.

Перевірка вологості зернового матеріалу здійснено стандартним методом із застосуванням приладу ВПС-100 в потрібній повторюваності.

Якість помолу продуктів подрібнення оцінено згідно загальноприйнятих методик у відповідності до ДСТУ ІСО 2591-1:2004 решітним класифікатором.

Проведення структурного аналізу зношених поверхонь решіт для виявлення їх стану і пошкоджень у металі на початку експлуатації, а також при досягненні ними граничного зношування, здійснено за допомогою оптичних мікроскопів при збільшенні до $\times 30$ разів.

Металографічний аналіз проводився із використанням металографічного мікроскопа типу МІМ-8, з виготовленням відповідних шліфів.

У четвертому розділі **"Експериментальні дослідження динаміки зміни форми отворів серійних та експериментальних сепаруючих решіт"** представлено результати експериментальних досліджень.

Дослідження стану поверхні зношених сепаруючих решіт показує, що поверхня має тьмяний відтінок, а шорсткість близька до $Ra\ 3,2$. Характерним є

наявність окремих мікрodefектів: вибоїни, каверни, подряпини. Причиною цього є зіткнення робочого органу із дрібними твердими вкрапленнями (пісок, каміння), які присутні в незначній кількості у зерновому матеріалі.

Структурний аналіз у поверхневих шарах зношених сепаруючих решіт показав значну видовженість зерен матеріалу, що не притаманно структурі основного матеріалу (*Сталь 08кп*). При визначенні мікротвердості поверхні контакту решіт із зерном, за методом Бринеля встановлено, що твердість відповідає значенням 98 МПа, до і після експлуатації решіт. Отриманий результат підкреслює те, що процес зношування решіт характеризується пластичним деформуванням поверхні, що підтверджується розмірами і формою зерен (кристалів) матеріалу решета без утворення деформаційного зміцнення поверхні.

Дослідження динаміки зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт проводилось при подрібненні і просіюванні зерна пшениці та ячменю з вологістю 12-14%. Проведені експериментальні дослідження показують наступний результат, а саме, найбільш інтенсивно процес зношування і швидка втрата початкової форми отворів спостерігалася 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.

Аналіз сімейства отриманих профілів, при різних наробітках дробарки, дає можливість кількісно оцінити поступові зміни форми отворів решета у перерізах, загальний вигляд яких представлений на рис. 8.

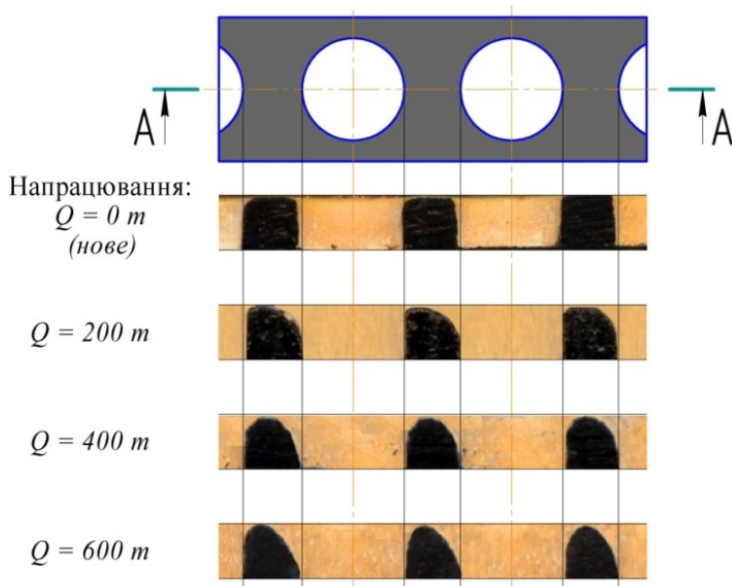


Рис. 8. Динаміка зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт при зношуванні

Схематично динаміка поступової зміни форми отворів при зношуванні, а також нанесення сітки зносу показано на рис. 9.

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

Дослідження інтенсивності зношування решіт дає можливість проведення кількісної оцінки зміни форми отворів шляхом

визначення втрати товщини шару матеріалу Δh . На основі проведених вимірювань побудовані відповідні залежності, що представлені на рис. 10.

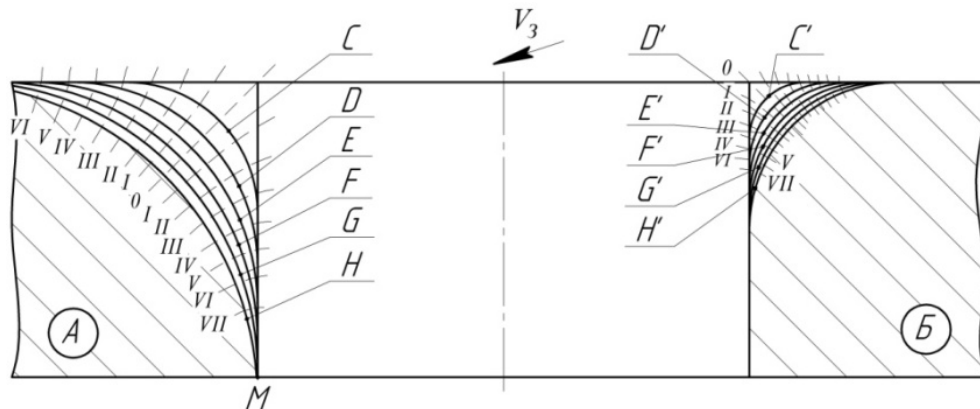


Рис. 9. Сітка зносу в перерізі отвору серійних сепаруючих решіт після наробітку: C – 100 т; D – 200 т; E – 300 т; F – 400 т; G – 500 т; H – 600 т; $0, I, II, III$ – лінійний знос за весь період наробітку (нормалі); V_3 – напрям руху зернового матеріалу.

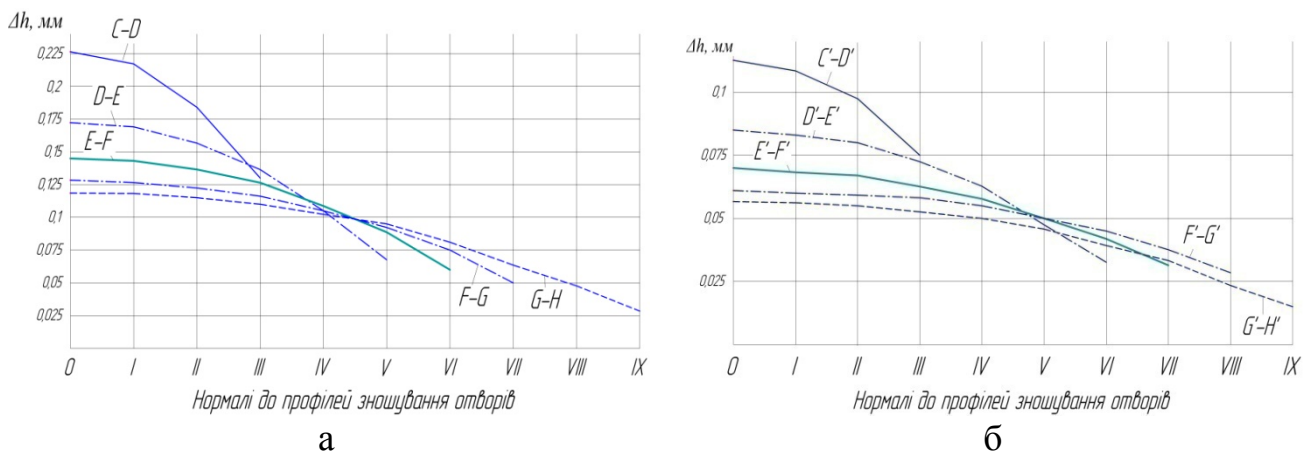


Рис. 10. Залежність втрати товщини матеріалу отворів серійного решета: а – на стороні (А); б – на стороні (Б).

Втрата товщини матеріалу отворів за сторонами носить нелінійний характер. На початку експлуатації решіт форма отворів досить швидко змінюється, набуваючи округлого профілю з максимальними втратами товщини шару матеріалу (рис.10, крива $C-D$). Із збільшенням наробітку утворений профіль зберігає свій загальний характер формування (рис. 8). Встановлено, що товщина втраченого шару Δh в кожному періоді ΔQ зменшується (рис. 10), а форма отвору все більше стабілізується. При граничному зношуванні отворів ($Q = 600$ т), профіль на стороні (А) досягає своєї нижньої точки (M) (рис. 9, крива H). В той же час, профіль на стороні (Б) переміщується повільніше (рис. 9, крива H'). Невичерпаний ресурс на зношування стороною (Б) дає підстави для застосування конструктивного методу підвищення довговічності решета шляхом його перевертання з метою продовження терміну експлуатації.

Для досягнення максимального ресурсу серійного решета здійснено його перевертання на 180° (реверс) після наробітку $Q_{\text{пер}} = 400$ т. Застосування даної операції дозволило збільшити термін експлуатації решета. Утворені профілі отворів за сторонами отримують граничне зношування одночасно. Це дозволило збільшити загальний наробіток до відмови серійного решета зернодробарки з 600 т до 837 т.

Важливою характеристикою, що відображає специфічні особливості формування поверхонь при зношуванні, є визначення площ зношених ділянок ΔS , які знаходяться між двома утвореними профілями зношування в кожному періоді наробітку ΔQ . Результати обчислень цих площ, за допомогою програми КОМПАС-3D, покладені в основу побудови відповідних залежностей, які представлені на рис. 11.

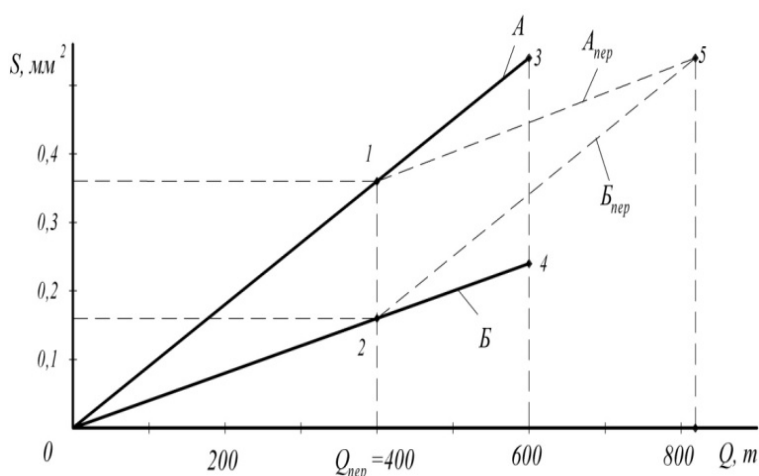


Рис. 11. Залежність зміни площі втраченого шару матеріалу в процесі експлуатації до і після перевертання на 180° (реверсу).

Як видно з графіків, залежності зміни площі втраченого шару матеріалу решіт за сторонами (A і B), відрізняються між собою. Однак для кожної із сторін за рівні проміжки наробітку площі зношених ділянок однакові: для сторони (A) $\sim 0,097 \text{ мм}^2$, а для сторони (B) $\sim 0,056 \text{ мм}^2$. Це пояснюється стабільністю протікання процесу зношування на будь-якому етапі експлуатації решета. Очевидно, що даний

результат не є випадковим і підкреслює те, що робота, яка витрачається на зношування (втрату об'єму матеріалу), є величиною також постійною.

Внаслідок перевертання решета на 180° (реверсу) після наробітку 400 т менш зношена сторона (B) займає нове положення на стороні (A) і продовжує зношуватись, але вже за параметрами протилежної сторони (рис. 11, $B_{\text{пер}}$), і навпаки сторона (A) продовжує зношуватися за параметрами сторони (B) (рис. 11, $A_{\text{пер}}$). В результаті цього, площі зносу сторін поступово вирівнюються. При досягненні граничного зносу решета, сторони (A і B) отворів втрачають однаковий об'єм матеріалу (рис. 11, т. 5), вичерпавши повний свій ресурс.

На підставі проведених досліджень зносу серійних сепаруючих решіт, із врахуванням теоретичних передумов, розроблено експериментальне решето, форма отворів якого виконана за вгнутою поверхнею, наближеною до форми їх природного зношування. Параметри тороїдальних отворів експериментального решета (рис. 6) є наступними:

- радіус дуги профілю отвору - $r = \delta$;
- припуск матеріалу на зношування - δ ;

- радіус внутрішньої поверхні отвору - $D/2$;
- радіус зовнішнього кола тороїдальної поверхні - $R_3 = \delta + D/2$.

Для решета товщиною $\delta = 2$ мм ці параметри складають $r = 2$ мм; $3 = 2$ мм; $D/2 = 2$ мм; $R_3 = 4$ мм.

Загальний вигляд дробарки із встановленим експериментальним решетом, а також фрагмент решета представлено на рис.12.

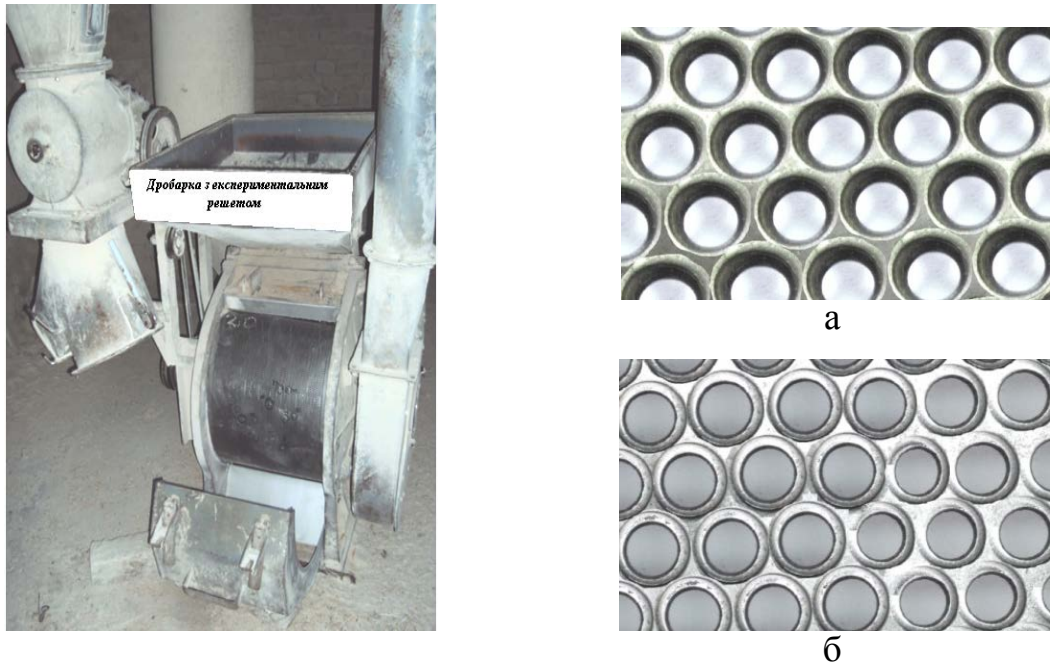


Рис. 12. Загальний вигляд дробарки із встановленим експериментальним решетом: а – поверхня контакту експериментального решета із зерновим матеріалом; б – неактивна (тильна) поверхня решета.

Як і для серійних решіт, дослідження зміни профілів зношування експериментальних решіт проводились шляхом зняття відбитків з отворів на різних стадіях їх зношування. Загальний вигляд сімейства профільних кривих отвору з нанесеною сіткою зносу представлено на рис. 13.

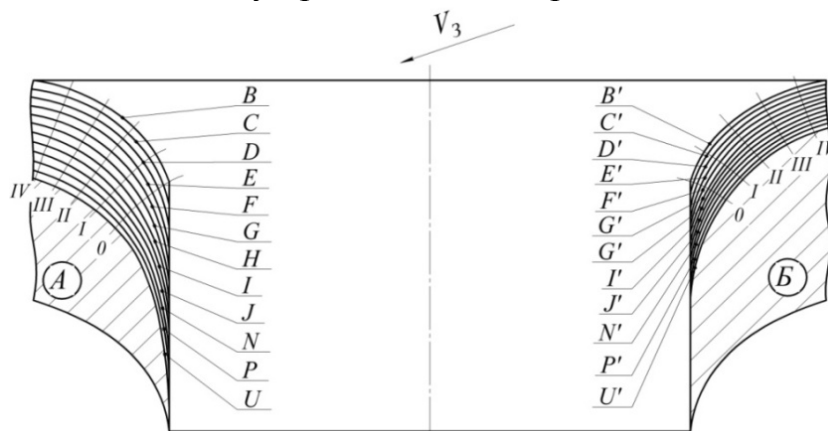


Рис. 13. Сітка зносу експериментальних сепаруючих решіт після наробітку: B – нове; C – 100 т; D – 200 т; E – 300 т; F – 400 т; G – 500 т; H – 600 т; I – 700 т; J – 800 т; N – 900 т; P – 1000 т; U – 1080 т (граничний знос).

Характерною особливістю утворення робочих профілів експериментальних решіт є те, що вони мало змінюють свою початкову геометрію протягом всього терміну експлуатації.

Сімейство отриманих кривих вказує на принципово однаковий характер формування профілів зносу. Спостерігається деяка нерівномірність розподілу величин лінійного зносу від положення нормалей. Так, для нормалі «0» вона менша ніж для нормалей більш високих номерів. Ця тенденція зберігається за мірою включення в зону зносу нових областей циліндричної поверхні отвору.

Детальний аналіз розподілу лінійного зношування сторін отворів шляхом визначення товщини втраченого шару матеріалу Δh у кожному періоді наробітку представлено на рис. 14.

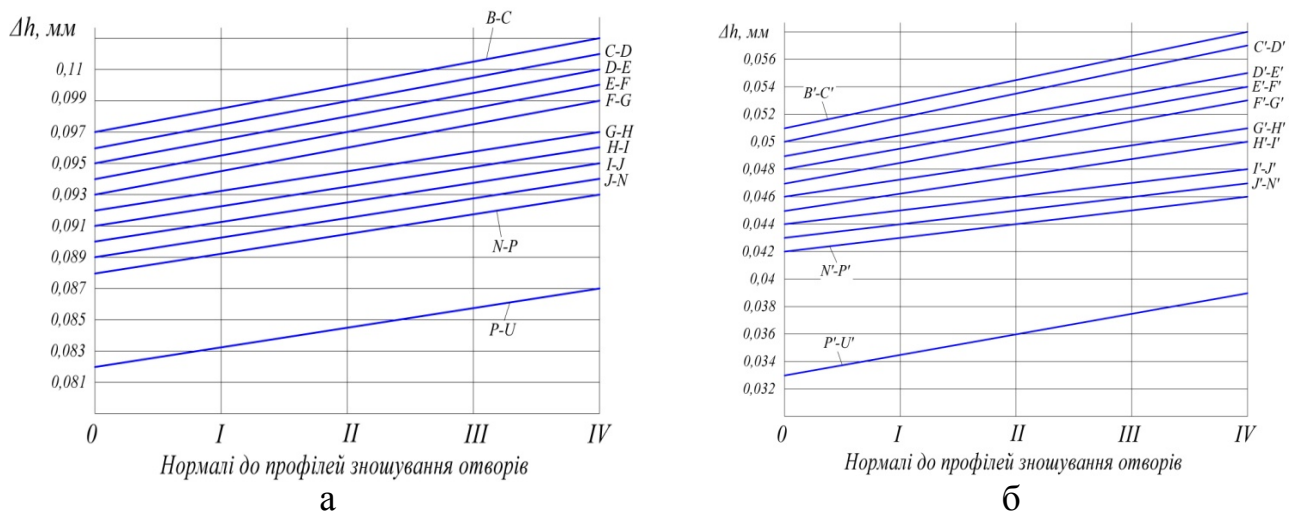


Рис. 14. Залежність втрати товщини шару матеріалу отворів експериментального решета: а – на стороні (А); б – на стороні (Б).

З отриманих залежностей видно, що товщина шару зношування в кожному періоді наробітку практично не змінюється. Отриманий результат підтверджує те, що використання сепаруючих решіт з отворами тороїдальної форми є ефективним для підвищення їх довговічності. Наробіток експериментального решета до повного зношування складає 1000 т подрібненого зерна.

Результати зносу отворів експериментальних решіт у перерізі показують на нерівномірність втрати форми при зношуванні серійних решіт. Для підвищення довговічності та наробітку повного ресурсу решета, необхідно перевернути його на 180° (реверс). Виконання даної операції доцільно проводити після наробітку дробарки в 750 т.

Аналіз зміни форми отворів показав, що в кожному періоді ΔQ на стороні (А) становить $0,084 \text{ мм}^2$, а на стороні (Б) $\sim 0,041 \text{ мм}^2$.

Встановлено, що довговічність решіт з отворами тороїдальної форми, складає 1470 т переробленої сировини. Загальний вигляд зношеного експериментального решета представлено на рис. 15. Таким чином, по відношенню до серійного решета довговічність експериментального із зміненою формою отворів підвищена у 1,75 рази.



Рис. 15. Зношене експериментальне решето: а – загальний вигляд; б – фрагмент зношеної поверхні.

Зношування серійних сепаруючих решіт забезпечує необхідну якість помолу із зменшенням кількості надмірно подрібненої сировини, при зміні модуля помолу з $M_n = 1,44$ мм на $M_{zn} = 1,62$ мм.

Зношування решіт з отворами тороїдальної форми призводить до формування спеціального профілю, який підвищує ефективність їх роботи. Так, модуль помолу залишається постійно в межах $M_e = 1,58-1,62$ мм, а кількість продуктів подрібнення, що відповідають зоотехнічним вимогам приготування кормів, збільшилась на 5 %.

У п'ятому розділі "**Економічна ефективність впровадження результатів досліджень**" доведено, що використання експериментального сепаруючого решета з отворами тороїдальної форми, підвищує його довговічність на 75%. Річний економічний ефект становить 2799,92 грн. на одну машину за умови річного навантаження близько 8320 т.

ВИСНОВКИ

1. Подрібнювальні машини ударної дії для розділення фракцій обладнані решетами, ресурс яких нижче загального ресурсу машин. Встановлено, що найбільш перспективним напрямком у підвищенні довговічності решіт слід вважати конструктивні методи, що передбачають пошук нових геометричних форм, які сприяють зменшенню зношування деталей.

2. Наробіток до відмови серійних решіт визначається зміною форми отворів внаслідок їх зношування і досягає свого максимального значення при 600 т подрібненого зерна.

3. Внаслідок нерівномірності зношування сторін отворів, максимальний наробіток до відмови серійних решіт може бути збільшеним і досягається при своєчасному їх перевертанні (реверсу). Оптимальний наробіток до перевертання визначається умовою (11), виконання якої означає одночасне повне зношування протилежних сторін отворів. При перевертанні серійного решета після наробітку 400 т, загальний наробіток до відмови збільшився із 600 т до 837 т.

4. Для підвищення довговічності решіт доцільно закладати в початкову конструкцію тороїдальну форму отворів, яка забезпечує мінімальну інтенсивність їх зношування. Параметрами тороїдальної форми отворів є: радіус дуги профілю отвору $r = \delta$; запас на зношування $3 = \delta$; радіус бокової поверхні отвору $D/2$; радіус зовнішнього кола тороїдальної поверхні $R_3 = \delta + D/2$ (рис.6).

5. Експериментальне решето з отворами тороїдальної форми допускає реверсне перевертання для продовження строку експлуатації. Оптимальний наробіток до перевертання складає 750 т, при якому загальний наробіток решета досягає 1470 т.

6. Сумісне використання конструктивних методів підвищення довговічності сепаруючих решіт, що пов'язані з їх реверсним перевертанням і зміною форми отворів із циліндричної на тороїдальну, приводить до загального підвищення наробітку до відмови на 75%, без втрати функціональних можливостей решета.

7. Модуль помолу решіт з отворами тороїдальної форми складає $M = 1,58-1,62$ мм і відповідає зоотехнічним вимогам приготування кормів, а кількість продуктів подрібнення, збільшуються на 5 % в порівнянні із серійними.

8. Економічний ефект від впровадження сепаруючих решіт з отворами тороїдальної форми складає 2799,92 грн. на одну машину за умови річного навантаження близько 8320 т. Результати досліджень прийнято до впровадження на ПрАТ «Харківпродмаш».

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Стан проблеми і шляхи підвищення довговічності решіт дробарок. *Вісник Житомирського національного агротехнічного університету*. Житомир: ЖНАЕУ, 2014. Вип. № 2 (45), Т. 4, Ч. 1. С. 153 – 157. *(Здобувач проаналізувала запропоновані шляхи підвищення довговічності решіт зернодробарок і дослідила процес втрати форми отворів в процесі експлуатації)*.

2. Бойко А. І., Новицький А. В., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Аналіз конструктивних рішень решіт зернодробарок, направлених на підвищення їх довговічності. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. К.: НУБіП України, 2014. Вип. 196, Ч. 2. С. 212 – 215. *(Здобувач проаналізувала всі запропоновані конструктивні рішення, які були направлені на підвищення довговічності решіт)*.

3. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Математичне моделювання зношування елементарної ділянки отворів решіт. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харків, 2016. № 6. С. 138 – 146. *(Здобувач описала математичну модель зношування отворів серійних сепаруючих решіт)*.

4. Бойко А. І., **Федченко З. А.** Дослідження динаміки зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка «Технічні системи і технології тваринництва» «Технічний сервіс машин для рослинництва»*. Харків, 2017. Вип. 181. С. 37 – 43. (Здобувач описала динаміку зміни форми отворів серійних сепаруючих решіт).

5. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Експериментальні дослідження динаміки зміни форми отворів сепаруючого решета зернодробарок. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник «Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин»*. Кіровоград: КНТУ, 2015. Випуск 45, Ч. II. С. 3 – 7. (Здобувач дослідила процес втрати форми отворів серійних сепаруючих решіт).

*Статті у наукових фахових виданнях України,
включених до міжнародної наукометричної бази даних:*

6. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Обґрунтування нової форми отворів сепаруючих решіт. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація та автоматизація виробничих процесів*. Суми, 2016. Вип. 10/2 (30). С. 111 – 114. (Здобувачем обґрунтовано нову форму отворів сепаруючих решіт зернодробарок для підвищення їх надійності).

7. Boyko A. I., **Fedchenko Z. A.** Analysis of work conditions and causes wear holes separating sieves in service. *Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтава, 2017. Вип. 1 (48). С. 34 – 40. (Здобувачем обґрунтовано особливості зношування решіт з отворами тороїдальної форми).

Статті у науковому виданні іншої держави:

8. Бойко А. И., **Морозовская З. А. (Федченко З. А.)**. Конструктивный метод повышения долговечности сепарирующих решет зернодробилок. *Научные труды SWorld*. Иваново: Научный мир, 2015. Выход 2(39). Том 6. С. 82 – 85. (Здобувач запропонувала новий підхід зміни форми отворів сепаруючих решіт для збільшення можливого ресурсу роботи).

9. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Оптимізація ресурсу серійного решета при його реверсному використанні. *Научные труды SWorld*. Иваново: Научный мир, 2016. Выход 2(43). Том 1. С. 84 – 89. (Здобувач пропонує спосіб збільшення довговічності решіт за рахунок перевертання).

Патент на корисну модель:

10. Патент на корисну модель 96341 України, МПК, B02C 13/284. Решітна дробарка / А. І. Бойко, **З. А. Морозовська (З. А. Федченко)**; заявник і патентовласник Бойко Анатолій Іванович, Морозовська Зоя Анатоліївна. № u201410222; заявл. 18.09.2014; опубл. 26.01.2015, Бюл. №2. (Обґрунтовано застосування сепаруючих решіт з отворами тороїдальної форми).

Тези наукових доповідей:

11. Новицький А. В., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**, Бездушний П. М., Харьковський І. С. Проблема забезпечення надійності кормоприготувальних машин. *Перспективи та тенденції розвитку конструкції сільськогосподарських машин та знарядь: I Всеукраїнська науково-практична конференція студентів та молодих науковців*. м. Житомир, 16-17 жовтня 2014 р.: тези доповідей. Житомир, 2014. С. 46. (Здобувач представила етапи послідовної оцінки рівня надійності існуючих систем).

12. Морозовська З. А. (Федченко З. А.) Зношування і зміни форми отворів сепаруючих решіт молоткових дробарок. *II Міжнародна науково-технічна конференція «Крамаровські читання»*. м. Київ, 17-18 лютого 2015 р.: тези доповідей Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2015. С. 121 – 122.

13. Морозовська З. А. (Федченко З. А.). Конструктивні методи підвищення довговічності решітних зернодробарок. *II Міжнародна наукова конференція «Інноваційний розвиток аграрної сфери»*. м. Київ, 19-21 березня 2015 р.: тези доповідей Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2015. С. 43 – 44.

14. Морозовська З. А. (Федченко З. А.). Визначення зносу сепаруючих робочих органів без руйнування. *Сучасні проблеми землеробської механіки: XVI Міжнародна наукова конференція*, 17-19 жовтня 2015 р.: тези доповідей / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2015. С. 130.

15. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Некоторые конструктивные решения направленные на повышение эффективности работы молотковых зернодробилок. *Молодежный форум: технические и математические науки: Международная научно-практическая конференция*. г. Воронеж, 9-12 ноября 2015 г.: Сборник научных трудов / Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова. Воронеж, 2015. №7. Ч. 1 (18-1). С. 170 – 173. (Здобувач обґрунтувала деякі конструктивні методи удосконалення сепаруючих решіт для покращення роботи зернодробарок).

16. Морозовська З. А. (Федченко З. А.). Основні фактори, що впливають на процес зміни форми отворів сепаруючих решіт зернодробарок. *Сучасні технології виробництва зернових культур 2016: Міжнародна науково-практична конференція в рамках VI Міжнародної виставки інноваційних рішень у зерновому господарстві «Зернові технології 2016»*. м. Київ, 12 лютого 2016 р.: тези доповідей Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2016. С. 79 – 80.

17. Бойко А. І., **Морозовська З. А. (Федченко З. А.)**. Забезпечення працездатності машин для приготування та роздавання кормів. *Інноваційні розробки студентів та молодих науковців в галузі технічного сервісу машин: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція*. м. Харків, 1-2 грудня

2016 р.: тези доповідей / Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. Харків, 2017. С. 30. *(Здобувач обґрунтувала деякі конструктивні методи удосконалення сепаруючих решіт).*

АНОТАЦІЯ

Федченко З. А. Обґрунтування параметрів сепаруючих решіт молоткових зернових дробарок. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва». – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2017.

У дисертації наведені дослідження, спрямовані на збільшення терміну експлуатації сепаруючих робочих органів, за рахунок внесення конструктивних змін та своєчасного їх перевертання (реверсу).

Аналітичними дослідженнями встановлено основні параметри процесу зміни форми отворів сепаруючих робочих органів в процесі експлуатації. Обґрунтовані параметри отворів конструктивно-удосконалених решіт. Враховуючи нерівномірність розподілу інтенсивностей зношування отворів, обґрунтовано доцільність їх перевертання для збільшення терміну експлуатації.

Експериментально отримані закономірності динаміки зміни форми отворів як для серійних решіт, так і решіт з отворами тороїдальної форми. Застосування нової форми отворів принципово змінило характер утворення профілів зношування і привело до збільшення їх довговічності на 75%.

Ключові слова: решето, інтенсивність зношування, наробіток до відмови, форма природного зношування, отвори тороїдальної форми.

АННОТАЦИЯ

Федченко З. А. Обоснование параметров сепарирующих решет молотковых зерновых дробилок. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук за специальностью 05.05.11 «Машины и средства механизации сельскохозяйственного производства». – Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя, Тернополь, 2017.

В диссертации представлены исследования, направленные на увеличение срока эксплуатации сепарирующих рабочих органов, за счет внесения конструктивных изменений и своевременного их переворачивания.

Аналитическими исследованиями установлены основные параметры процесса изменения формы отверстий решет в процессе эксплуатации. Обоснованы параметры отверстий конструктивно-усовершенствованных решет. Учитывая неравномерность распределения интенсивностей изнашивания отверстий, обоснована целесообразность их переворачивания для увеличения срока эксплуатации.

Экспериментально получены закономерности динамики изменения формы отверстий как для серийных, так и решет с отверстиями тороидальной формы.

Наработок на отказ серийных решет определяется изменением формы отверстий в результате их изнашивания, и достигает своего максимального значения при 600 т измельченного зерна. Вследствие неравномерности изнашивания сторон отверстий, максимальный наработок до отказа серийных решет может быть увеличен и достигает при своевременном их переворачивании. Выполнение данной операции означает получение одновременного изнашивания противоположных сторон отверстий.

Целесообразно для повышения долговечности решет закладывать в начальную конструктивную форму отверстий такую, которая обеспечивает минимальную интенсивность их изнашивания, то есть - тороидальную, что близка к форме естественного изнашивания. Решето с отверстиями предложенной формы допускает, как и серийное, реверсивное переворачивание для продолжения эксплуатации.

Использование конструктивных методов повышения долговечности сепарирующих решет, которые связаны с их реверсивным переворачиванием и изменением формы отверстий, приводит к общему повышению наработки до отказа на 75%, без потери функциональных их возможностей.

Ключевые слова: решето, интенсивность изнашивания, наработок к отказу, форма естественного изнашивания, отверстия тороидальной формы.

ANNOTATION

Fedchenko Z. A. Rationalization parameters of the separating sieves in grain crushers. – The qualification scientific work of the manuscript.

Thesis for a candidate degree in specialty 05.05.11 «Machines and mechanization of agricultural production». – Ternopol national technical university named after Ivana Pulyuj, Ternopol, 2017.

The thesis studies are aimed at increasing the working life of separating bodies by making structural changes and their timely reversal (reverse).

Analytical studies have established the basic parameters of changing the shape of the holes separating working in service. Grounded settings holes structurally improved sieves. The uneven distribution intensities wear holes are given of expediency of turning for longer use.

The dynamics of change patterns experimentally investigated form holes for serial sieves and sieves with holes tropical shape. The use of a new form of holes fundamentally changed the nature of the formation of wear profiles leads to increase their longevity by 75%.

Key words: sieve, wear intensity, time to failure, a form of natural wear holes toroid shape.