

Бойко А.І.

Морозовська З.А.

Національний університет біоресурсів і  
природокористування України

E-mail:zoya140790@mail.ru

## МАТЕМАТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ШВИДКОСТІ ЗНОШУВАННЯ ОТВОРІВ СЕРІЙНИХ СЕПАРУЮЧИХ РЕШІТ

УДК 519.863:621.928.028.2

У статті аналізуються особливості зношування отворів сепаруючих решіт подрібнювальних і сортувальних машин. Пропонується загальну величину зношування розглядати як накопичувальний процес втрати матеріалу і форми отворів. Приведений математичний опис процесу зміни форми профілю отворів сепаруючого решета. Пропонується величину зношування оцінювати втратою площі тіла, що утворюється між двома суміжними профілями отвору. Виходячи з рівності величин площ зношування за однакові проміжки наробітку, встановлено рівноспівільнений характер переміщення профілей, який виявляє тенденцію до формування отворів природного зношування.

**Ключові слова:** сепаруюче решето, накопичення зношування, швидкість, елементарна площадка, форма отвору, природне зношування.

### Актуальність проблеми

При розгляді зношування елементарної ділянки профілю отвору встановленні основні закономірності і характеристики протікання цього процесу. Однак для узагальнення картини зміни форми отворів і виявлення тенденцій їх утворення під дією потоку зернової маси виникає необхідність в розробці загальної моделі зношування.

### Мета досліджень

Виявити причини, що обумовлюють нерівномірність зношування кутової форми границь отворів сепаруючих решіт в процесі експлуатації. Обґрунтувати необхідність зміни форми отворів у математичному інтерпретуванні. Визначити швидкість втрати форми поверхні сепаруючих решіт від наробітку.

### Результати досліджень

Схема для аналізу і розрахунку зношування сторони отвору представлена на рисунку 1.

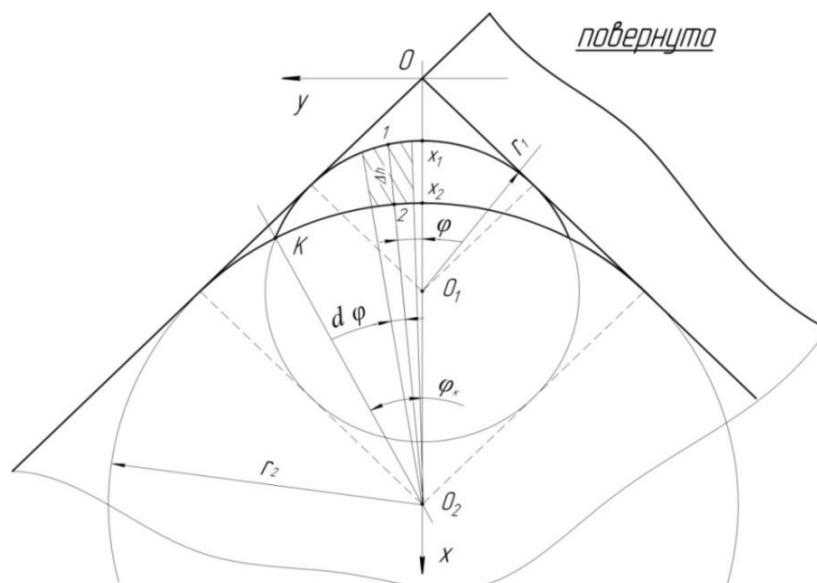


Рисунок 1. Схема до визначення закономірностей динаміки зношування отворів решіт

Елементарна площадка зношування записується у вигляді добутку

$$dS_i = dl \cdot \Delta h, \quad (1)$$

де  $\Delta h$  – товщина зношеного шару між профілями отвору;  $dl$  – елементарна дуга, яка з достатньою точністю може бути визначена як:

$$dl = r_2 \cdot d\varphi \quad (2)$$

Підставимо значення товщини зношеного шару в початкове рівняння (1) для визначення зношеної елементарної ділянки отвору:

$$\int_0^S dS_i = \frac{1}{2} r_2^2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 d\varphi + \frac{1}{2} r_1^2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 d\varphi + 2r_1 r_2 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 d\varphi - \sqrt{2} r_2 r_1 \cdot \int_{-\varphi_K}^0 \cos \varphi d\varphi - \sqrt{2} r_1^2 \cdot \cos \varphi \cdot d\varphi. \quad (3)$$

де  $\varphi_K$  - кінцеве значення кута повороту радіуса до точки К (рис. 1), яка сумісна в пересіченні кіл.

Повертаючись до рівняння визначення площі зношування (3) і інтегруючи його, встановлено залежність зміни елементарної ділянки зношування від кута повороту радіуса:

$$S_i = \frac{r_2^2}{2} \varphi + \frac{r_1^2}{2} \varphi + 2r_1 \cdot r_2 \varphi - \sqrt{2} r_2 r_1 \cdot \sin \varphi - \sqrt{2} r_1^2 \cdot \sin \varphi, \\ S_i = \left( \frac{r_2^2}{2} + \frac{r_1^2}{2} + 2r_1 \cdot r_2 \right) \varphi - \sqrt{2} r_2 \cdot r_1 \cdot \sin \varphi - \sqrt{2} r_1^2 \cdot \sin \varphi. \quad (4)$$

Встановлюючи межі інтегрування маємо:

$$S_i = \frac{1}{2} r_2^2 \varphi \Big|_{-\varphi_K}^0 + \frac{1}{2} r_1^2 \varphi \Big|_{-\varphi_K}^0 + 2r_1 \cdot r_2 \varphi \Big|_{-\varphi_K}^0 - \sqrt{2} r_2 \cdot r_1 \sin \varphi \Big|_{-\varphi_K}^0 - \sqrt{2} r_1^2 \sin \varphi \Big|_{-\varphi_K}^0,$$

або

$$S_i = \frac{1}{2} r_2^2 \varphi_K + \frac{1}{2} r_1^2 \varphi_K + 2r_1 \cdot r_2 \varphi_K - \sqrt{2} r_2 \cdot r_1 \sin \varphi_K - \sqrt{2} r_1^2 \sin \varphi_K.$$

Звідки:

$$S_i = \frac{\pi}{8} r_2^2 + \frac{\pi}{8} r_1^2 + \frac{\pi}{2} r_1 r_2 - r_1 r_2 - r_1^2, \\ S_i = \frac{\pi}{8} \cdot (r_2^2 + r_1^2) + \frac{\pi}{2} r_1 r_2 - r_1 r_2 - r_1^2. \quad (5)$$

Як вказувалося вище процес зношування розглянуто на ділянці кута повороту

$$\frac{\pi}{4} \geq \varphi \geq 0$$

. Отриманий результат правомірний і для симетричної суміжної ділянки. Тому сумарну площу необхідно подвоювати:

$$S_i = \frac{\pi}{4} \cdot (r_2^2 + r_1^2) + \pi r_1 r_2 - 2r_1 r_2 - 2r_1^2. \quad (6)$$

Науковий і практичний інтерес представляє виявлення основних закономірностей протікання процесу зношування отворів решіт і втрати їх початкової форми. Для встановлення цих закономірностей повернемося до виразу, що визначає зв'язок між зношуванням на елементарному кроці його здійснення і переміщенням профілю вглиб матеріалу.

Попередніми спостереженнями зміни форми отвору при зношуванні отримані дані про те, що за рівні проміжки часу наробітку профілі зміщуються нерівномірно. На початку зношування це переміщення значно більше і поступово знижується по мірі зростання часу експлуатації решіт. Виходячи із визначення елементарної площі зношування (1), підставляючи значення елементарної дуги (2) маємо:

$$dS_i = r_2 \cdot \Delta h \cdot d\varphi. \quad (7)$$

Переміщення профілю виражене через товщину зношеного шару  $\Delta h$  і залежить не тільки від положення елементарної ділянки зношення на профілі, тобто від кута  $\varphi$ , але й від часу експлуатації решета. В функції кута повороту радіуса, вплив цього переміщення встановлено попереднім дослідженням. Вплив часу на зміщення профілю представляє не тільки науковий але й практичний інтерес для встановлення і оптимізації довговічності решіт.

Розглядаючи переміщення профілю як рівносповільнене і враховуючи умову зміни кута повороту  $\varphi$  від  $0^\circ$  до  $\frac{\pi}{4}$  запишемо вираз (7) в наступному вигляді:

$$S_i = \frac{\pi}{4} \cdot r_2 \cdot \Delta h. \quad (8)$$

Шлях, що проходить профіль отвору у рівносповільненому переміщенні при зношуванні згідно відомої формули [1] може бути представлений наступним чином:

$$\Delta h = V_0 t - \frac{at^2}{2}, \quad (9)$$

де  $V_0$  - початкова (після припрацювання) швидкість зношування (переміщення) профілю по нормалі до поверхні тертя;  $a$  - сповільнення в переміщенні профілю отвору при зношуванні;  $t$  - час зношування.

Підставляючи значення переміщення з (9) в початкову формулу визначення елементу зношення (8) маємо:

$$S_i = \frac{\pi}{4} \cdot r_2 \cdot \left( V_0 t - \frac{at^2}{2} \right). \quad (10)$$

Для визначення швидкості зміни зношування елементарної ділянки отвору про диференціюємо обидві частини рівності (20):

$$V_i = \frac{dS_i}{dt} = r_2 \frac{\pi}{4} \cdot (V_0 - at). \quad (11)$$

Таким чином встановлено лінійний зв'язок між швидкістю переміщення профілю і швидкістю зміни площі зношування на елементарній ділянці отвору. Графічно він представлений на рис. 2.

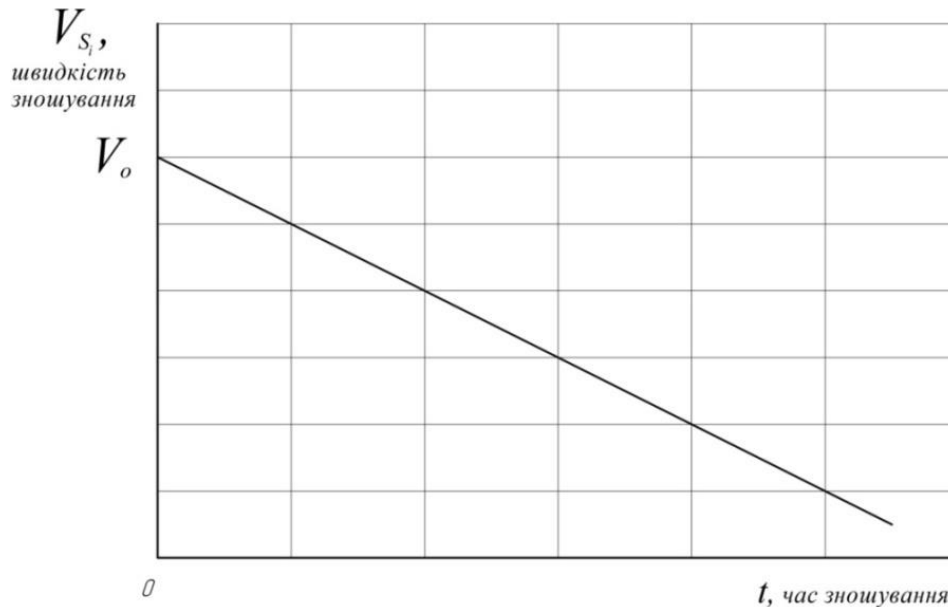


Рисунок 2. Залежність швидкості зношування елементарної ділянки отвору решета від напрацювання

Аналіз отриманого результату показує, що із збільшенням часу напрацювання, швидкість зношування поступово лінійно зменшується. Цей факт, ґрунтований на експлуатаційних даних роботи решіт у представленому теоретичному дослідженні, вказує на поступову і неуклінну стабілізацію профілю отвору. Початкова швидкість зношування профілю, який сформований після завершення періоду припрацювання і набув округлу форму, поступово зменшується, проявляючи признаки стабілізації і переходу до форми природного зношування [2, 3].

Доповнюючим фактором в стабілізації профілю може бути встановлення величини сповільнення зміни площі зношування отвору. Сповільнення в зміні площі зношування може бути визначено шляхом диференціювання виразу (11):

$$W_{Si} = \frac{dV_i}{dt} = -\frac{\pi}{4} \cdot r_2 \cdot a. \quad (12)$$

Від'ємний результат підкреслює, що процес проходить із сповільненням, тобто в напрямку стабілізації. Величина сповільнення в зношуванні отвору пропорційна переміщенню профілю, що природно підкреслює фізичну сутність розглянутого процесу.

### Висновки

Найбільша швидкість зношування профілей отворів спостерігається на початку їх роботи з поступовим її зниженням при прямуванні профілей до форми природного зношування.

### Література

1. Лойцянский Л.Г. *Курс теоретической механики*: Учеб. пособие для вузов: Т. 1: Статика и кинематика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. —М.: Наука, 1982. — 352 с.

2. Решетов Д.Н. Роботоспособность и надежность деталей машин. М.: Высшая школа, 1974. – 206 с.
3. Шульц В.В. Форма естественного износа деталей машин и инструмента. – Л.: Машиностроение, 1990. – 208 с.

### Summary

**Boiko A., Morozovska Z.** Mathematical justification speed wear holes serial separating sieves

*At consideration of wear elementary area holes type establishment basic conformities to law and descriptions of flowing this process. However for generalization of picture change form holes the exposure of tendencies of their education under the action of stream grain-growing mass arises up necessity for development of general model of wear. Mathematical description over of process change form of type holes of separation sieve is brought in this article. It is suggested to estimate the size a loss to the area of body locate up between two contiguous of profiles hole. Coming from equality of sizes areas wear for the identical intervals of operating time, slow-motion character of moving of types is set.*

**Key words:** separation sieve, accumulation of wear, speed, elementary area, holes form, natural wear.

### References

1. Loytsansku L.H. Course of theoretical mechanics : Studies. manual for the institutes of higher : Т. 1: Statics and kinematics / L.H. Loytsansku, A.I. Lure. — М.: Science, 1982. — 352 p.
2. Reshetov D.N. Efficiency and reliability of details of machines / D.N. Reshetov. — М.: Higher school, 1974. - 206 p.
3. Shults V.V. Form of natural wear of details of machines and instrument / V.V. Shults. — L.: Engineer, 1990. - 208 p.