

### Список использованной литературы

1. Мазоренко Д.И. Повышение эффективности работы виброцентробежных сепараторов на основе определения их рациональных схем и параметров // Вибрации в технике и технологиях. – 2003. – №6(32). – С. 3 – 12.
2. Мазоренко Д.И. Теоретические и экспериментальные исследования вибрационно-центробежного сепаратора с пространственным движением оси вращения ротора для очистки семян риса от трудноотделимых сорняков: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Харьков, 1971. – 183 с.
3. Вибрационно-центробежный сепаратор: А.с. 1263373 СССР, МКИ В07В 1/28 / А.И. Гребенкин, Г.Л. Денисов (СССР). – №3866198/20-03; Заявл. 15.03.85; Оpubл.15.10.86, Бюл. №38. – 2 с.
4. Шуляков А.Г. Исследование просеивающей способности цилиндрического решета, совершающего круговые колебания в плоскости вращения: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.06.01 / Кубанский сельскохозяйственный институт. – Краснодар, 1973. – 22 с.
5. Гончаров Е.С. Оптимальная частота колебаний решет при обработке зерновых материалов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – К.: Урожай, 1976. – Вып.33. – С. 19 – 25.
6. Гончаров Е.С. Механико-технологическое обоснование и разработка универсальных виброцентробежных зерновых сепараторов: Автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01/ ВИМ. – М., 1986 – 34 с.
7. Циліндричне решето: Д.п. 31700А Україна, МКИ В09В 1/26/ Л.М. Тищенко, М.В. Півень, О.В. Мандрика, Ф.М. Резніченко, В.М. Пуха (Україна). – 98105572; Заявл.23.10.98; Оpubл. 15.12.2000, Бюл. №7 – II. – 3 с.
8. Лебедев В.Б. Промышленная обработка и хранение семян. – М.: Агропромиздат, 1991. – 255 с.
9. Тищенко Л.Н., Півень М.В., Харченко С.А., Бредихин В.В. Исследование закономерностей вибровязкости зерновых смесей при сепарировании цилиндрическими виброцентробежными решетками // Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних та харчових виробництв. Вісник ХНТУСГ.-Харьков: ХНТУСХ.-2009.-Вип.88.-С.34-44.

#### **Півень М.В.ИССЛЕДОВАНИЯ СКОРОСТЕЙ ВНУТРИСЛОЕВОГО ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ ЗЕРНОВОЙ СМЕСИ СЕПАРИРУЕМОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНЫМ РЕШЕТОМ**

*В статье представлены результаты исследований скоростей внутрислоевого движения частиц зерновой смеси сепарируемой цилиндрическим виброцентробежным решето. Исследовано влияние кинематических параметров решета, удельной загрузки, глубины слоя, конструктивных параметров разрыхлителей на скорость движения частиц внутри слоя зерновой смеси.*

**Ключевые слова:** *вибрация, решето, зерновая смесь, разрыхлители, сепаратор.*

#### **Piven M.V.STUDIES OF INTERLAYER MOTION SPEEDS OF THE GRAIN MIXTURE PARTICLES SEPARATED BY CYLINDRICAL VIBROCENTRIFUGAL SIEVE**

*The article presents the results of research of interlayer motion speeds of the grain mixture particles separated by cylindrical vibrocentrifugal sieve. The dependencies of the interlayer motion speeds of the grain mixture particles from cinematic parameters of cylindrical sieves, specific loading, depth of layer, constructional parameters of looseners, have been established.*

**Keywords:** *vibration, sieve, grain mixtures, looseners, separator.*

Стаття надійшла в редакцію: 06.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Топілін Г.Є.

УДК 620.193.91:621.928.028.2

#### **НАКОПИЧУВАЛЬНИЙ ПРОЦЕС ЗНОШУВАННЯ ОТВОРІВ РЕШІТ**

**А. І. Бойко**, д.т.н., професор,

**З. А. Морозовська**, асистент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

*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. Встановлено граничне значення зносу, а також доцільність своєчасного перевертання решіт на менш зношену сторону для підвищення їх загальної довговічності.*

**Ключові слова:** *сепаруюче решето, накопичувальний процес зношування, форма отворів, реверсний перевертання решіт.*

**Постановка проблеми.** При розгляді зношування елементарної ділянки профілю отвору встановленні основні закономірності і характеристики протікання цього процесу. Однак для уза-

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

**Аналіз основних досліджень**, літературних і патентних джерел свідчить, що перспективи розвитку технічних засобів для виконання процесу подрібнення та сепарації сировини при виготовленні комбікормів в напрямку збільшення кількості та якості продукції можна досягти в результаті конструктивних удосконалень робочих органів.

Питаннями удосконалення решіт займалися співробітники багатьох науково-дослідних інститутів та підприємств, однак більшість із них були направлені на збільшення продуктивності і якості виконання процесу сепарації. В той же час, як підвищенню надійності роботи сепаруючих робочих органів приділено значно менше уваги.

**Формулювання цілей статті.** Розробити математичну модель процесу зміни форми отворів сепаруючих решіт. Дослідити характер зношування отворів, як процес втрати матеріалу

- 1) шлях на другому кроці  $\Delta h_2 = \Delta h_1 - \Delta h_a$ ;
- 2) шлях на третьому кроці  $\Delta h_3 = \Delta h_2 - \Delta h_a = \Delta h_1 - 2\Delta h_a$ ;
- 3) шлях на четвертому кроці  $\Delta h_4 = \Delta h_3 - \Delta h_a = \Delta h_1 - 3\Delta h_a$ ;
- .....
- $n$ ) на  $n$ -му кроці  $\Delta h_n = \Delta h_{n-1} - \Delta h_a = \Delta h_1 - (n-1)\Delta h_a$ ,

де  $\Delta h_a$  – втрата частини шляху профілю в наслідок рівносповільненого його переміщення.

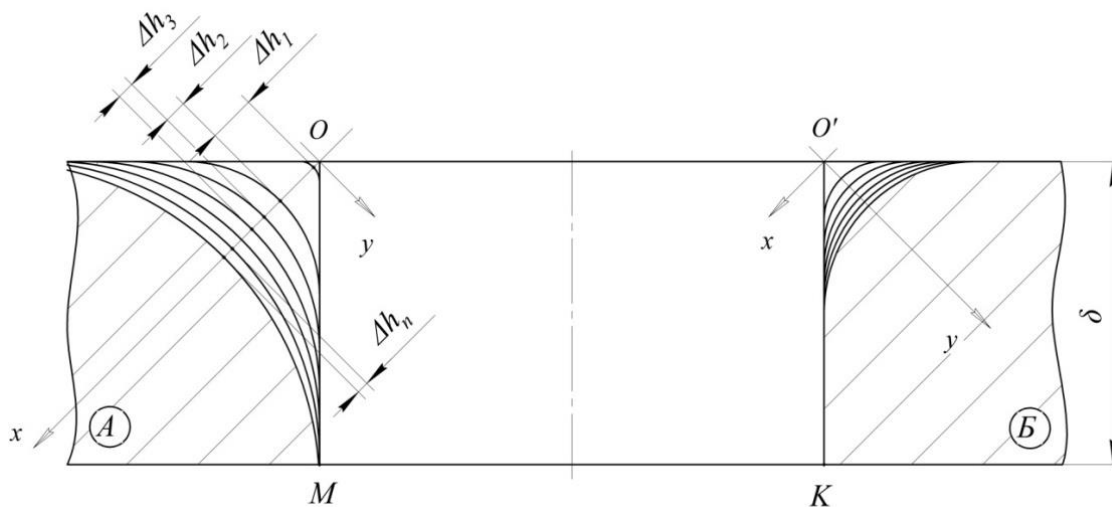


Рис. 1. Схема до визначення закономірностей динаміки зношування отворів решіт

В загальному випадку для  $i^{\text{го}}$  відрізка шляху маємо:

$$\Delta h_i = \Delta h_{(i-1)} - \Delta h_a = \Delta h_1 - (i-1)\Delta h_a, \quad (2)$$

де  $i = 1, 2, 3, \dots$  – текуче значення складової суми.

Графічно процес накопичення пошкоджень (зношування) отворів представлено на рис. 2. Графік побудовано виходячи з попередніх даних особливостей зношування отворів в експлуатації решіт і результатів теоретичних досліджень. На горизонтальній осі відкладені відрізки рівноспові-

до досягнення граничного значення зносу та встановити оптимальну кількість кроків до перевертання решіт на менш зношену сторону для підвищення їх загальної довговічності.

**Результати досліджень.** Рівносповільнене переміщення профілю отвору внаслідок зношування у глибину деталі (вздовж осі  $OX$ , рис. 1) представляється наступною нерівністю:

$$\Delta x_1 > \Delta x_2 > \Delta x_3 > \dots > \Delta x_i \dots > \Delta x_n,$$

де  $\Delta x_i$  – відстань по осі  $OX$  між суміжними профілями зношування;  $i$  – текуче значення члену нерівності.

Відстані між суміжними профілями виражаються через складування переміщень  $\Delta h_i = \Delta x_i$ , що проходять ці профілі. Тому для послідовності переміщень профілів можна записати: шлях на першому кроці  $\Delta h_1$ ;

льнених переміщень профілів  $\Delta h_i$ . Кожному послідовному відрізку переміщення профілю відповідають рівні по величині площі зношування отвору  $S_i$ .

Таким чином загальна величина зношування  $S$  рівна сумі окремих величин зношування  $S_i$ , що відбулися за  $n$  кроків переміщення профілю

$$S = \sum_{i=1}^n S_i.$$

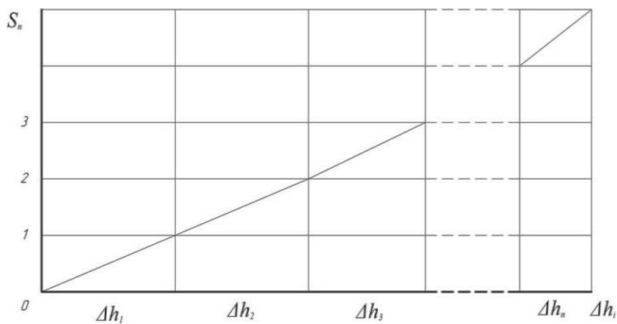


Рис. 2. Накопичення пошкоджень (величин зношення) отворів сепаруючого решета

При  $S_i = const$ , що спостерігається в практиці експлуатації решіт, загальна величина зношування дорівнює:

$$S = n \cdot S_i$$

Самі переміщення профілю вздовж осі  $OX$  також накопичуються. Тоді, виходячи з (2) для їх суми можна записати:

$$\sum_{i=1}^n \Delta h_i = \sum_{i=1}^n [\Delta h_1 - (i-1) \Delta h_a]. \quad (3)$$

Розкриваючи суму і виконуючи алгебраїчні перетворення маємо:

$$\sum_{i=1}^n \Delta h_i = n \cdot \Delta h_1 - \Delta h_a \cdot \sum_{i=1}^{n-1} i. \quad (4)$$

Відповідно до поставленого завдання, що вирішується, кінцева кількість кроків може бути різною. Так, кількість кроків (ітерацій) при визначенні зношування сторони А (рис. 1) до кінцевого свого значення (досягнення профілем точки М) береться рівною  $n = n_M$ . Якщо ставиться завдання визначення кількості кроків до своєчасного перевертання решета на нову менш зношену робочу сторону (сторону Б), то кількість кроків буде дорівнювати  $n = n_{nep}$ .

При досягненні отвором решета граничного зношування (точки М) подальша його робота недопустима, так як збільшується розмір просіюючого діаметру, що унеможливує його нормальне функціонування як сепаруючого елемента.

Виходячи із геометричних побудов (рис. 1) допустимий шлях переміщення профілю обмежений товщиною решета  $\delta$ . Тоді кількість кроків

(ітерацій) визначається величиною самого кроку, а також умовою, коли сума (4) не перебільшує  $\sqrt{2}\delta$ .

$$h_M = n_M \cdot \Delta h_{1A} - \Delta h_{aA} \cdot \sum_{i=1}^{n_M-1} i \leq \sqrt{2}\delta. \quad (5)$$

При досягненні текучим значенням ( $i$ ) необхідної кількості кроків  $i = n_M$  ведуча, активна при зношуванні сторона отвору (сторона А), досягає свого граничного стану і подальша експлуатація решета стає неможливою. Враховуючи, що протилежна сторона (сторона Б) отвору також зношується, але з меншою інтенсивністю ніж сторона А, постає завдання своєчасного перевертання решета стороною Б вперед для того, щоб вони сумісно і одночасно досягли свого граничного значення при максимально можливому ресурсі.

Для решета, що допускає перевертання на менш зношену сторону маємо:

Сторона А

$$h_{Anep} = n_{nep} \cdot \Delta h_{1A} - \Delta h_{aA} \cdot \sum_{i=1}^{n_{nep}-1} i, \quad (6)$$

Сторона Б

$$h_{Bnep} = n_{nep} \cdot \Delta h_{1B} - \Delta h_{aB} \cdot \sum_{i=1}^{n_{nep}-1} i. \quad (7)$$

Сумісне вирішення рівняння (6) і (7) за умови, що шлях переміщень профілей сторін (А) і (Б) досягають максимальних своїх величин визначає оптимальну кількість кроків для своєчасного реверсного перевертання решета.

**Висновки:**

1. Зношування отворів решіт представляє собою накопичувальний процес втрати матеріалу бокових поверхонь, які набувають криволінійної тороїдальної форми.

2. Граничне зношування отворів обумовлене досягненням профілем нижньої точки М і залежить від товщини решета.

3. Для підвищення довговічності решіт доцільно перевертати решето на менш зношену сторону. Своєчасність операції перевертання визначається оптимальною кількістю кроків згідно приведених рівнянь (6) і (7).

### **Бойко А.И., Морозовская З.А. НАКОПИТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС ИЗНАШИВАНИЯ ОТВЕРСТИЙ РЕШЕТ**

*В статье анализируются особенности изнашивания отверстий сепарирующих решет мельничных и сортировочных машин. Предлагается, общую величину изнашивания рассматривать как накопительный процесс потери материала и формы отверстий. Установлено предельное значение износа, а также целесообразность своевременного переворачивания решет на менее изношенную сторону для повышения их общей долговечности.*

**Ключевые слова:** сепарирующее решето, накопительный процесс изнашивания, форма отверстий, переворот решет.

### **Boyko A.I., Morozovska Z.A. ACCUMULATION PROCESSES OF WEAR 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.*

*The features the wear holes of separation sieves shredding and sorting machines are analysed in this article. It is suggested to examine general size of wear as a accumulation process of loss material and form holes. The maximum value, and also expediency of the timely canting sieves is set on a less threadbare side for the increase them general durability.*

*Canting of details on a new or less threadbare side for further exploitation is one of effective structural methods of increase them general durability. Such approach for the increase of durability separation sieves is justified by that the verges of holes wear out with different intensity. Therefore for lengthening of term exploitation it is expedient in good time to carry out canting of sieves, thus, that the wear of opposite parties of opening made off simultaneously.*

**Key words:** separation sieve, accumulation process of wear, the form holes, revolution of sieves.

Стаття надійшла в редакцію: 05.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Гецович Є.М.

УДК 631.361

### **МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ДИНАМІКИ ЗЕРНОВОЇ СУМІШІ ПІДЧАС ЇЇ СЕПАРАЦІЇ В ТРУБЧАСТОМУ СКРЕБКОВОМУ ЛАНЦЮГОВОМУ КОНВЕЄРІ**

**С. М. Герук**, к.т.н., доцент, Житомирський агротехнічний коледж

**А. П. Довбиш**, ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

*Розглянута модель поширеного руху зернової суміші на основі гіпотези Кельвіна і на її основі здійснено опис динамічного руху зернової суміші в процесі сепарації і виведені відповідні диференціальні рівняння. Приведені характеристики власних коливань зернової суміші під час руху вздовж сита вібросепаратора та описано відповідним диференціальним рівнянням на основі методу Ван-дер-Поля побудовані графічні залежності частоти коливань сита від амплітуди для різних параметрів значень власних коливань.*

**Ключові слова:** математична модель, зернова суміш, трубчастий конвеєр, вібросепаратор.

**Постановка проблеми.** Технологічні процеси підготовки зерна різних сільськогосподарських культур для переробки, зберігання чи реалізації включають в себе низку послідовних операцій, автоматизація яких значною мірою знижує собівартість кінцевого продукту. До них в першу чергу треба віднести процес сушіння (доведення вологості до стандарту), сепарацію, калібрування, транспортування на склад чи підготовка до реалізації (із фасування). Деякі із вказаних операцій, з метою економії матеріальних та часових ресурсів, можна між собою поєднувати, наприклад, сушіння та сепарацію (за умови незначної переволоженості матеріалу), сепарацію та калібрування, тощо.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій** Теоретичним дослідженням сепарації зернових сумішей присвячена велика кількість робіт. Проблеми сепарації зерна, в тому числі вібраційними решетами присвячені роботи багатьох дослідників, результати яких наведено в узагальнюючих працях П.М. Василенка, І.Є. Кожуховського, В.В. Гортинського, П.М. Заїки, Г.Д. А.М. Прилуцького та багатьох інших дослідників. Найбільш ґрунтовні результати досліджень з використанням цієї моделі отримані В.В. Гортинським і П.М. Заїкою. Ними виконані детальні обчис-

лення характеристик руху матеріальної точки і потоку при дії різноманітних факторів. В.В. Гортинським досліджені характеристики руху у вертикальному повітряному потоці, П.М. Заїкою – характеристики руху у рівномірному нахиленому до горизонту повітряному потоці у просторових системах координат.

Незважаючи на вище наведене, обсяг аналітичних досліджень динамічних процесів в даній сфері недостатній. Це в першу чергу стосується методів аналізу складних процесів та явищ, які мають місце у процесі вібраційної сепарації та адгезії і зумовлені різноманітністю структури, геометричної форми, фізико-механічних властивостей зерна, тощо. Застосування під час виконання вказаних операцій вібраційних машин керованого типу, які дозволяють у заданому діапазоні змінювати амплітуду та частоту зовнішнього збурення робочого органу сепаратора, не завжди приводять до бажаних результатів. Кінцевий продукт, його якість, а отже продуктивність машини значною мірою залежать від властивостей оброблюваного продукту.

**Метою роботи** є дослідження кінематики швидкості руху зернової суміші вздовж робочого органу вібросепаратора (сита), на його амплітуду та частоту коливань.