

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ВІБРОРЕЗОНАНСНОГО ГРОХОТА

*Дослідження продуктивності віброрезонансного грохота полягає у з'ясуванні впливу швидкості руху матеріалу, ймовірності проходження зерен верхнього класу в підрешітний продукт. Отримані на цій основі аналітичні залежності забезпечують дотримання заданих технологією параметрів сортування за мінімальних енерговитрат.*

**Ключові слова:** продуктивність, грохот, вібрація, зерна, сортування

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** У сучасному будівництві зросли вимоги до якості будівельних матеріалів і виробів, оскільки суттєво зросла частка каркасно-будівельних технологій порівняно із традиційними індустріальними методами. Якість виробу значною мірою залежить від заповнювачів будівельних сумішей, якими є щебінь та гравій. Потрібні за розміром і формою фракції визначаються насамперед ефективністю роботи машин для сортування, якими є вібраційні грохоти. Їх технологічна ефективність залежить від продуктивності.

Існуючі розрахункові залежності неповною мірою відповідають сучасним вимогам, оскільки здебільшого визначаються за емпіричними даними, що є справедливими тільки в межах досліджень, під час яких вони були отримані.

Розв'язати проблему можна шляхом урахування ймовірності проходження матеріалу крізь отвори сита та швидкості переміщення матеріалу на вібраційному грохоті.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Мета роботи полягає в дослідженні та розробленні науково-обґрунтованого методу визначення продуктивності віброрезонансного грохота з урахуванням впливу таких факторів, як швидкість переміщення матеріалу, розмір зерен, ймовірність проходження матеріалу.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Представимо процес сортування як деякий упорядкований процес руху великої кількості різних часток у шарі на ситі [1,4,5].

Кожну частку із розміром  $d$  характеризує її крупність, яка не міняється в процесі руху, і є величиною, що може мати дискретну безліч значень:  $d_1, d_2, \dots, d_n$ . Оскільки кількість часток у шарі велика, то  $d$  можна надавати

довільні значення в інтервалі заданого шару фракцій  $i$ , таким чином, вважати її величину безперервною (рис. 1).

Виходячи із цього припущення, систему часток можна замінити її безперервною моделлю, а продуктивність  $\Pi$  буде визначатися за формулою

$$\Pi = V / t = bhv = bhl / t = sh / t, \quad (1)$$

де  $V$  – об'єм шару матеріалу на ситі,  $\text{м}^3$ ;  $t$  – час транспортування матеріалу по ситі,  $\text{с}$ ;  $b$  – ширина сита,  $\text{м}$ ;  $l$  – довжина сита,  $\text{м}$ ;  $S$  – площа сита,  $\text{м}^2$ ;  $h$  – середня висота шару на ситі,  $\text{м}$ ;  $v$  – швидкість транспортування,  $\text{м/с}$ .

Об'єм можна представити як суму об'ємів надрешітного і підрешітного матеріалів

$$V = V_n + V_p \approx S_n h_n + S_p h_p \quad (2)$$

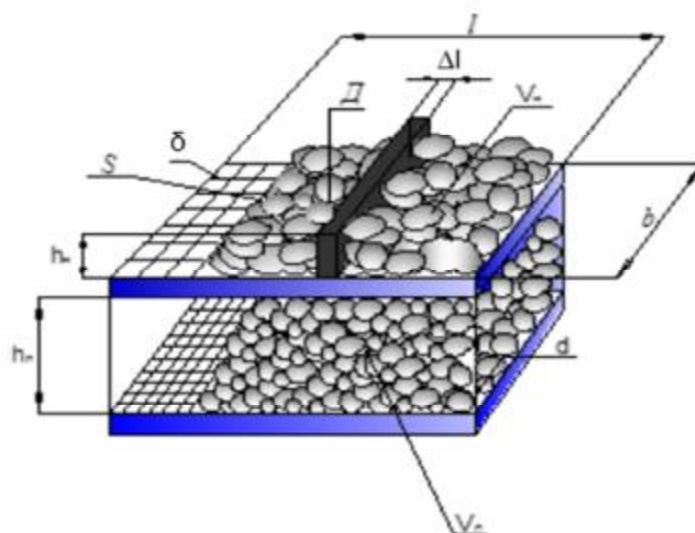


Рис. 1. Схема розташування матеріалу на грохоті:  $l, b$  – довжина і ширина сита;

$h_n, h_p$  – висота надрешітного і підрешітного продукту;  $S$  – площа сита;  $\Delta l$  – ділянка сита;  $D, d$  – середній діаметр надрешітних і підрешітних продуктів;  $\delta$  – товщина проволочок сита;  $V_n, V_p$  – об'єм надрешітного та підрешітного продукту

Якщо розділити сито по довжині на рівні ділянки  $\Delta l$  (див. рис.1), то

$$\Delta l = l / n, = const, \quad (3)$$

де  $n$  – довільне число. Тоді об'єм  $V_n$  розподілиться рівними порціями  $V_k$  по  $\Delta l$ :

$$V_k = \Delta l_k h_n b_n = const, \quad (4)$$

де  $k$  – номер відрізка  $\Delta l$ .

Розподілений таким чином по довжині  $l$  об'єм  $V_n$  утворює шар з вимірами паралелепіпеда, усереднюючи неоднорідність складових його зерен. Для продукту об'ємом  $V_p$  це означає, що всі чарунки сита, через які

його отримують, для випадку щільного суміщення утворюється прямокутник, площа якого дорівнює  $S_n$ .

Використовуючи основні положення теорії вірогідності [2,3,6], процес розділення на фракції можна представити як вірогідність  $p$  проходження зерен  $d$  через комірки  $D$

$$p_i = (D - d_i)^2 / (D + d)^2, \quad (5)$$

де  $i = 1, 2, 3 \dots m$  – порядковий номер фракції, відлічуваної за характеристикою крупності підрешітного продукту в напрямі зростання  $d$ ;  $d_i$  – середній розмір зерен  $i$ -ої фракції, що відповідає за характеристикою крупності половині її виходу;  $\delta$  – товщина дроту сита.

Графік залежності вірогідності  $p$  проходження шароподібних зерен  $d$  крізь квадратні отвори  $D$  наведено на рисунку 2 [2,3]:

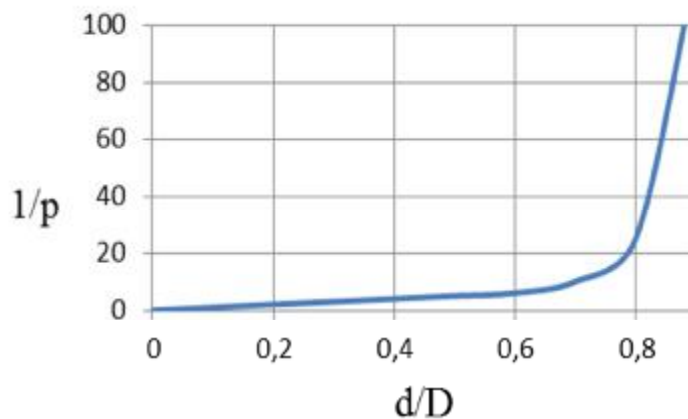


Рис. 2. Залежність вірогідності  $p$  від співвідношення  $d/D$

Якщо вважати, що процес проходження зерен є максимальним по всій довжині сита ( $\Delta l = l$ ), то об'єм підрешітного продукту:

згідно з (4)

$$V_n = D l \overset{n}{\underset{\Delta}{a}} h_k b_k, \quad (6)$$

де  $h_k$  і  $b_k$  – середнє значення висоти і ширини шарів  $V_k$ , які залежать від вірогідності  $p$ .

Отже, зерновий склад кожного об'єму порції відрізняється від зернового складу аналогічних порцій підрешітного продукту і являє собою величину

$$V_k = \overset{m}{\underset{i=1}{\underset{\Delta}{a}}} V_{i,k}, \quad (7)$$

де  $V_{i,k}$  – частина об'єму  $i$ -тої фракції  $V_i$ , сортованої на ділянці  $\Delta l_k$ .

За умови (4) висота  $i$ -го шару:

$$h_{i,k} = d_i p_{\min,k} / p_{zp}, \quad (8)$$

де  $p_{\min,k}$  – ймовірність просіювання найбільших зерен, що належать до складу  $V_k$ .

Ураховуючи, що існує вірогідність непроходження частин матеріалу  $l_{i(n)}$  ( $l-l_i=l_{i(n)}$ ) і умову, що  $1/p_{\min,k}=l_k/\Delta l$  можна отримати вираз для об'єму проходження матеріалу, який буде пропорційним залишкам на ситі

$$V_{i,k} = V_k \frac{\alpha}{\epsilon} V_i - \frac{\alpha}{\epsilon} V_{i,k-1} \frac{\alpha}{\epsilon} \frac{\alpha}{\epsilon} \dots \frac{\alpha}{\epsilon} (V_i - V_{i,k-1}) \frac{\alpha}{\epsilon} \quad (9)$$

Вираз (9) являє собою залежність для визначення раціонального завантаження сита під час сортування на основі безперервної моделі, отриманої на ймовірності сортування зерен.

Для практичних розрахунків розглянута модель може бути замінена адекватною дискретною моделлю. З цією метою виразимо  $S_i$  з урахуванням  $S_n$  через площу, займану фракцією зерен, які за крупністю знаходяться біля  $D$ . Назвемо цю фракцію «важкою», тобто такою, що є граничною в загальному фракційному складі. Тоді будемо мати такі співвідношення:

$$\begin{aligned} S_n &= S_e D h_n D C_n, \\ S_1 &= S_e D h_1 D C_1, \\ &\dots, \\ S_n &= S_e D h_n D C_n, \end{aligned} \quad (10)$$

де  $\Delta h$ – співвідношення висот  $h_B/h_H$ ;  $\Delta C$ – співвідношення  $C_H/C_{\text{важ}}$  у процентах від вихідного продукту ( $C_{\text{важ}}$ -вихід «важких» зерен).

Із співвідношення (10) можна визначити площу «важких» зерен:

$$S_e = (S_n + S_n) / (C_1 D h_e + C_n D h_n + C_e) \quad (11)$$

Використовуючи вірогідність проходження (5) і передбачаючи, що за кожного кидка шару  $V_B$  на сито по його ширині висівається "важких" зерен  $n = b_{ue} / d_{ep}$  і по довжині сита  $n = l / d_{ep}$ , отримаємо об'єм граничних зерен, які сортуються за один кидок шару на ситі:

$$V_e = (p d_{ep} b_e > l) / 6. \quad (12)$$

Тоді продуктивність по сортуванні важких зерен становитиме

$$P_e = V_e / T = 0,08 d_{ep} \epsilon l w. \quad (13)$$

Відповідно загальна оптимальна продуктивність за живленням

$$P = 100 P_e / C_e. \quad (14)$$

Із урахуванням (11) остаточно одержимо формулу для визначення продуктивності

$$P = (S_{ж} d w [1 - d / D]^2) / [(C_{\min} D h_{\min} + C_{sep} D h_{sep} + C_{важ}) \times (1 - l)], \quad (15)$$

де  $S_{ж}$ – площа живого перетину сита;  $\lambda$ – пустотність матеріалу;

$$D h_{\min} = h_{важ} / h_{\min};$$

$$D h_{sep} = h_{важ} / h_{sep};$$

Отже, в результаті досліджень було отримано формулу для знаходження продуктивності з урахуванням площі сита, пустотності матеріалу, діаметра фракції, висоти шару матеріалу та кутової частоти обертання.

**Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.**

У результаті виконаних досліджень встановлено таке: за допомогою основних положень теорії вірогідностей здійснено оцінку частин підрешітного і надрешітного матеріалу в загальному процесі сортування, що дало можливість отримати уточнену формулу для оцінювання продуктивності. Спостерігається пряма залежність між продуктивністю віброгрохота й площею живого перетину, причому за однакових значень площ живих перетинів круглих і квадратних гнізд сита продуктивність перших більша. Збільшення діаметра просіювального матеріалу зерна також знижує продуктивність віброгрохота, а за відповідності розмірів граничного зерна розмірам отворів сита ймовірність проходження матеріалу крізь сито знижується до нуля й продуктивність віброгрохота також буде дорівнювати нулю, що відповідає фізиці реального процесу просіювання матеріалу. Із збільшенням діаметра отворів сит спостерігається квадратичне зростання продуктивності віброгрохота, насамперед завдяки збільшенню ймовірності проскакування менших часток матеріалу крізь більші отвори сита.

*Література*

1. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчеты вибрационных грохотов / Л.А.Вайсберг. – М.: Недра, 1986. – 144 с.
2. Венцель Е.С. Теория случайных процессов и её инженерные приложения / Е.С.Венцель, Л.А.Овчаров. – М.:Наука. ДЛ.ред.физ.мат. – 1981. – 384с.
3. Венцель Е.С., Теория вероятности и её инженерные приложения / Е.С.Венцель, Л.А.Овчаров, 2-ое изд., стер. – М.: Высшая школа, 2000.— 480 с.
4. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем (2-е видання) / І.І.Назаренко. – К.:Видавничий дім «Слово», 2010. – 440с.
5. Потураев В.Н. Вибрационные транспортирующие машины / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, А.Г. Червоненко. – М.: Машиностроение, 1964. – 328 с.
6. Сердюк Л.І. Основи теорії розмірностей, теорії подібності та математичного моделювання: навчальний посібник / Л.І.Сердюк. – Полтава: ПНТУ, 2002. – 98с.

Надійшла до редакції 20.11.2012

© С. В. Орищенко

**УДК 621.928.23**

*С. В. Орищенко, к.т.н., доц.  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ВИБРОРЕЗОНАНСНОГО ГРОХОТА**

*Исследование производительности виброрезонансного грохота заключается в выяснении влияния скорости движения материала, вероятности прохождения зерен верхнего класса в подрешётный продукт. Полученные на этой основе аналитические зависимости обеспечивают соблюдение заданных технологией параметров сортировки при минимальных энергозатратах.*

***Ключевые слова:** продуктивность, грохот, вибрация, зерна, сортировка.*

**UDC 621.928.23**

*S. V. Orischenko, Ph. D., Associate Professor  
Kyiv National University of Construction and Architecture*

## **RESEARCH OF VIBROGRATE PRODUCTIVITY**

*A study of the performance of the vibrational resonance thunder is to ascertain the impact of the speed of movement of material, the probability of grains of the upper class in under the grate product. Obtained on the basis of the analytical dependences ensure the observance of the given technology collation with minimum energy consumption.*

***Keywords:** productivity, grate, vibration, grain, sorting.*