



УДК 693.542.523

А.М. Сергєєв, пошукувач КНУБА

СТВОРЕННЯ КЛАСИФІКАТОРА З АКТИВНИМИ ДИНАМІЧНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ БУДІВЕЛЬНОГО ПІСКУ

При переробці будівельних матеріалів, їх сортуванні на відповідні фракції, застосовується різноманітне обладнання (табл. 1). Аналізом встановлено, що існуюче обладнання для фракціонування будівельного піску за граничними крупностями 0,16 мм; 0,315 мм; 0,63 мм; 1,25 мм; 2,5 мм, які широко використовуються в сучасних технологіях, не в повній мірі відповідає сучасним потребам.

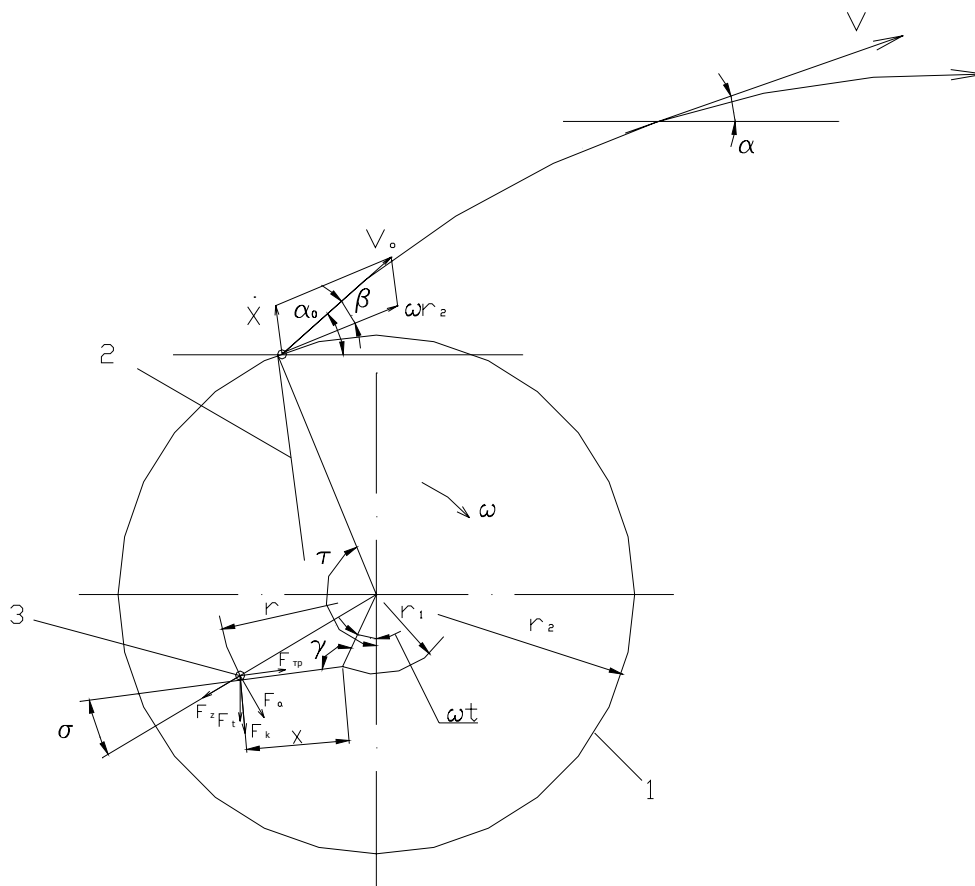
З відомих конструкцій класифікаторів найбільш перспективними й економічними для отримання будівельних пісків при переробці корисних копалин і для багатофракційного розділення їх за вузькими класами крупності в згаданих вище межах можуть бути ударно-лопатові металеві класифікатори [1]. При цьому в одній конструкції апаратів можливо створювати умови класифікації за допомогою циркуляційного поперечного потоку повітря, який генерується ротором, розташованим усередині та з попереднім розділенням на лопатях, за рахунок використання пружних властивостей, що приводить до селективного збільшення швидкості руху частинок різної крупності або досягнення того ж ефекту з використанням сил тертя під час руху частинок по робочій поверхні лопатей [9]. Ця ідея була покладена в основу розробки методу багатофракційної балістичної класифікації за аеродинамічними властивостями та тертю.

Основою визначення параметрів методу класифікації, що пропонується, є математична модель взаємодії початкового матеріалу з роторним металевим органом, який є робочим органом апарату. Існуючі методи не дозволяють здійснити необхідний розрахунок у достатній мірі точності. Так математичний опис процесу взаємодії зернин, що класифікуються, з лопатями роторного металевика з верхнім викидом при надходженні матеріалу до торцевої частини ротора приведено у [4], але апарат, котрий розглядається, виступає в ролі лопатної металевік машини для завантаження сипких матеріалів. При такому призначенні апарату до моменту викиду частинок з лопаті вони знаходяться на її кінці, тобто деякий час пересуваються по внутрішній радіальній поверхні кожуха, який огорожує ротор. Виходячи з цього, при складі диференційного рівняння руху частки матеріалу по лопаті не врахована дія на зерно сил тяжіння й аеродинамічного тиску повітря. З іншого боку, система з двох диференційних рівнянь, яка описує рух зерна в декартових координатах при верхньому надходженні матеріалу на лопаті [1], не може бути використана у випадку надходження матеріалу в торцеву частину ротора з верхнім викидом.

У даній роботі розглядається математична модель руху зерна по лопаті ротора, який обертається, з надходженням матеріалу в його торець у полярних координатах з урахуванням діючих сил тяжіння, тертя, аеродинамічного тиску повітря, відцентрової та коріолісової сил інерції (рис. 1), а також її зв'язок із відомою моделлю польоту зерна у зароторному просторі [2, 4].

Таблиця 1. Оцінка конструктивних і технологічних параметрів обладнання для розділення на фракції дрібнозернистих матеріалів

№ п/п	Тип обладнання	Аналіз роботи	Джерело інформації
1	Віброгрохоти з металевими сітками	Обмеження за вологістю і розмірами фракцій ($d \geq 3...5$ мм)	[5]
2	Віброгрохоти з гумовими та поліуретановими сітками	Недостатня ефективність (Е на 20–30% нижче)	[6]
3	Віброгрохоти з підігрівом сит	Складність конструкції, велика енергоємність	[10]
4	Віброгрохоти з електромагнітним збудженням сит	Низька надійність, запиленість, шум, вібрація	[6, 10]
5	Грохоти з мокрим способом сепарації	Велика енергоємність, забивання отворів для дрібних фракцій	[6, 8]
6	Конічні гідрогрохоти	Обмеження крупності фракціонування	[6]
7	Гідравлічні класифікатори	Велика енергоємність	[3]
8	Пневматичні класифікатори з різними конструктивними особливостями	Неможливість досягнення чіткої класифікації та необхідність повторення робочого процесу	[5, 6]
9	Метальні пневмокласифікатори	Низька ефективність класифікації	[3]

Рис. 1. Розрахункова схема для визначення параметрів вильоту зерен у зароторний простір:
1 – ротор; 2 – лопать; 3 – зерно



Для розрахунків приймаємо окреме не пружне кулясте зерно з урахуванням коефіцієнта тертя кочення при переміщенні його по поверхні лопаті та силу аеродинамічного опору повітря, пропорційну квадрату швидкості.

За істотне приймаємо диференційне рівняння [4]:

$$\ddot{x} = \omega^2 r (\cos \sigma - \mu \sin \sigma) - 2\omega \dot{x}$$

де \ddot{x} - результуюче прискорення зерна удовж лопаті, м/с^2 ; $\omega^2 r$ - доцентрове прискорення, м/с^2 ; ω - кутова швидкість ротора, рад/с ; r - відстань від центра ротора до точки зіткнення зерна з лопаттю, м ; σ - кут між поверхнею лопаті та радіусом через зерно, яке пересувається по лопаті; μ - коефіцієнт тертя кочення між зерном і лопаттю; $2\omega \dot{x}$ - прискорення Коріоліса, м/с^2 .

Вводимо в рівняння невраховані сили:

- аеродинамічного опору середовища:

$$F_a = \frac{1}{2} C_x \rho S V^2,$$

де C_x - коефіцієнт опору; ρ - щільність середовища, кг/м^3 ; S - площа міделя, м^2 ; V - швидкість зерна, м/с ;

- тяжіння:

$$F_T = mg,$$

де m - маса зерна, кг ; $g = 9,807 \text{ м/с}^2$ - прискорення сили тяжіння.

З урахуванням введених сил одержуємо:

$$\ddot{x} = \omega^2 r (\cos \sigma - \mu \sin \sigma) - 2\omega \dot{x} - g [\cos(\omega t - \gamma) - \mu \sin(\omega t - \gamma)] - \frac{1}{2} C_x \rho S V^2 \frac{(\sin \sigma + \mu \cos \sigma)}{m},$$

де γ - кут нахилу лопаті до радіуса ротора.

Після ряду перетворень, враховуючи, що:

$$r = \sqrt{r_1^2 + x^2 - 2r_1 x \cos \gamma}$$

та

$$\sin \sigma = r_1 \sin \frac{\gamma}{r},$$

де r_1 - відстань від центра ротора до внутрішнього торця лопаті, м , одержуємо:

$$\begin{aligned} \ddot{x} + \frac{C_x \rho S V^2 \left[r_1 \sin \gamma + \mu (x - r_1 \cos \gamma) \right]}{2m \sqrt{r_1^2 + x^2 - 2r_1 x \cos \gamma}} + 2\omega \dot{x} - \omega^2 x + \\ + \omega^2 r_1 (\cos \gamma + \mu \sin \gamma) + g [\cos(\omega t - \gamma) - \mu \sin(\omega t - \gamma)] = 0. \end{aligned}$$

Вираз відноситься до диференціальних рівнянь другого порядку виду $\ddot{y} = f(x, y, \dot{y})$. У результаті вирішення рівняння отримуємо значення швидкості \dot{x} зерна вздовж лопаті ротора у мить відриву від неї та надходження до аеродинамічної класифікації.

Абсолютна швидкість вильоту зерна дорівнює геометричній сумі відносній його швидкості по лопаті у момент відриву від неї та окружній швидкості ротора ωr_2 :

$$V_o = \sqrt{(\omega \cdot r_2)^2 + \dot{x}^2 + 2\omega \cdot r_2 \dot{x} \sin \gamma}.$$

Знаючи напрямок швидкості V_o , який визначається кутом β , та кут τ , що характеризує положення кінця лопаті у мить вильоту зерна, визначаємо кут нахилу траєкторії вильоту зерна до горизонту [4]:

$$\alpha_o = \arctg \left[\frac{\dot{x} \sqrt{r_2^2 - r_1^2 \sin^2 \gamma}}{\left(\dot{x} r_1 \sin \gamma + \omega r_2^2 \right)} \right] + \arcsin \left(\frac{r_1 \sin \gamma}{r_2} \right) + \gamma - \omega t.$$

Параметри V_0 та α_0 є початковими для математичного опису польоту зерна у зароторному просторі [2]. Рівняння руху зерна по лопаті ротора, який обертається, і його польоту у зароторному просторі є вихідними для розрахунку відомими чисельними методами з використанням ЕОМ.

На рис. 2 у якості прикладу наведено залежності різниці довжини польоту зерен граничних розмірів вузьких класів крупності від ряду конструктивних і технологічних параметрів робочого процесу.

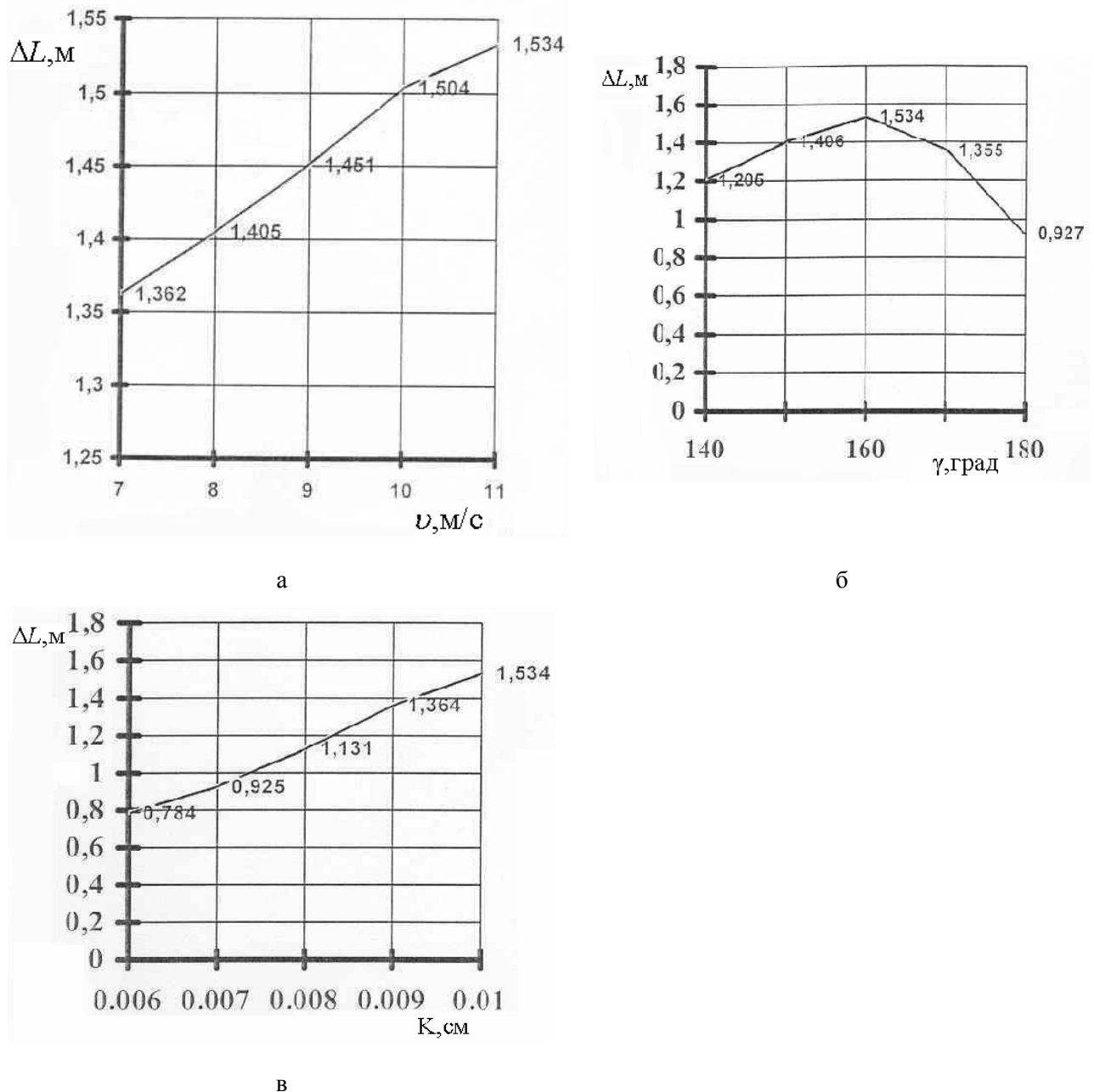


Рис. 2. Залежності різниці довжини польоту зерен межових розмірів:
а – від колової швидкості ротора; б – кута нахилу пластини; в – коефіцієнту тертя

В результаті виконаних досліджень був запропонований апарат балістичної класифікації [7] (рис. 3), який діє наступним чином: початковий матеріал, що подається до апарату, потрапляє під дію лопатей роторного метальника 1.

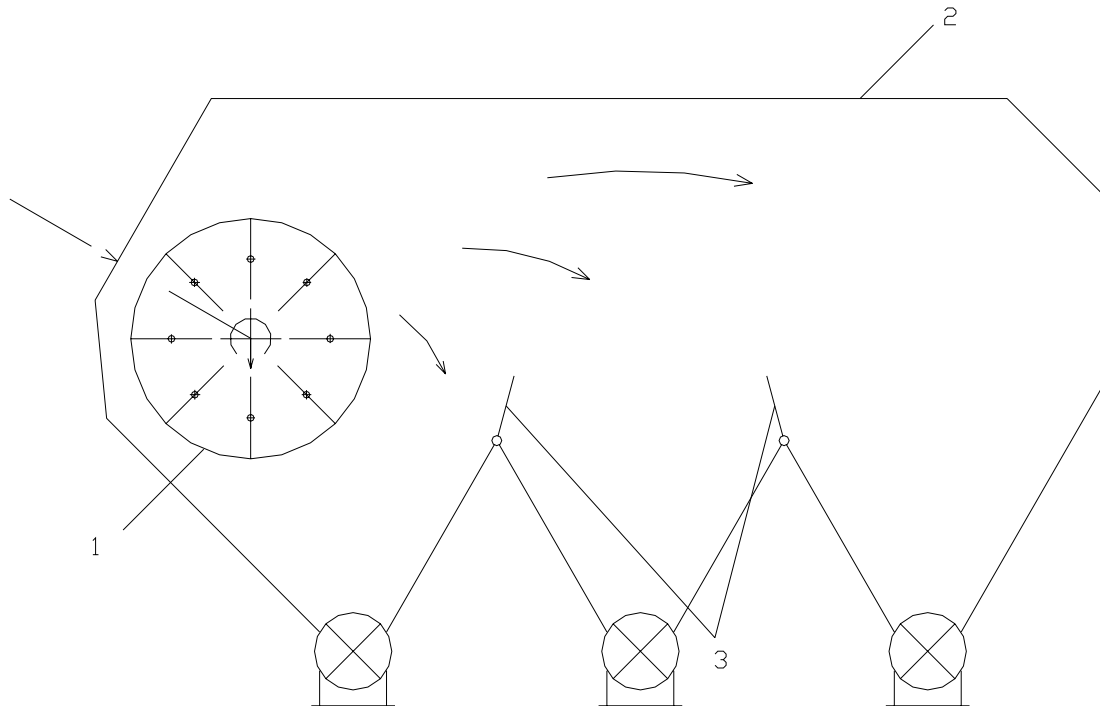


Рис. 3. Апарат балістичної класифікації

Під дією відцентрової сили частки матеріалу переміщуються по периметру роторного метальника та одночасно підіймаються на лопатях до верхньої його частини. При цьому по довжині лопаті відбувається попередня класифікація часток, а основна класифікація відбувається в процесі вільного польоту часток у відносно нерухомому повітряному середовищі камери класифікації під кожухом 2. Для забезпечення заданої межі поділу матеріалу існує роз'єднувальна перегородка 3.

Висновки

1. Доведено актуальність в необхідності проведення досліджень по створенню більш ефективних класифікаторів для сепарації будівельного піску.

2. Обґрунтовано фізичну та математичну модель руху зернин по лопаті ротора, який обертається при її сполученні з відомою моделлю польоту зерна у зароторному просторі, що дозволяє визначити технологічні параметри апарату, який реалізує принцип багатофракційної балістичної класифікації й створює основу для конструювання пристрою й оптимізації його конструктивних параметрів.

3. У результаті досліджень балістичної багатофракційної класифікації встановлено практичну можливість ефективного розподілу зернистих матеріалів із вологістю до 4% на три та більше фракцій, передусім, у гірничих галузях та промисловості будівельних матеріалів.

Література

1. Афанасьев В.В. Энергосберегающая технология классификации мелкозернистых продуктов при переработке нерудных полезных ископаемых. – Автореф. дис. на соиск. учен. степ. к.т.н. – Днепропетровский горный институт им. Артема.

2. Журба В.В., Булгаков Ф.Н., Зельдин Б.Б., Горохова Л.Н. Баллистическое обогащение полезных ископаемых// Обогащение полезных ископаемых. – К.: Техніка, 1985. – Вып. 35. – С.54-59.
3. Барский М.Д., Ревнивцев В.И., Соколкин Ю.В. Гравитационная классификация зернистых материалов. – М.: Недра, 1974. – 232 с.
4. Кукибный А.А. Метательные машины. – М.: Машиностроение, 1964. – 196 с.
5. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999. – 448 с.
6. Олюнин В.В. Переработка нерудных строительных материалов. – М.: Недра, 1988. – 232 с.
7. Патент України № 24635А. Пристрій для багатопродуктової класифікації сипких матеріалів/ Афанасьєв В.В., Сергєєв А.М., Угланов І.О. – Заяв. 09.06.97. № 97062704.
8. Перов В.А., Андреев С.Е., Биленко Л.Ф. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых: Учебн. пособ. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990. – 301 с.
9. Сергєєв А.М., Афанасьєв В.В. Розробка апаратів балістичної класифікації відходів кар'єрів та збагачення руд// Відомості Академії гірничих наук України. – 1998. – № 1. – С.96-97.
10. Троицкий В.В. Обогащение нерудных строительных материалов. – Л.: Стройиздат, 1986. – 192 с.