

УДК 66.028:664.127

## ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ОБ'ЄМНИХ ДОЗАТОРІВ КРУП

Заплетніков І.М., д.т.н.,

Владіміров С.В., к.т.н.

*Донецькій національній університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського*

Тел.(062)304-50-46

**Анотація** - робота присвячена аналітичним дослідженням, що дозволяють визначати оптимальне значення тих факторів які впливають на роботу дозатора, а саме, такі як, прискорення вібратора залежно від фізико-механічних характеристик крупи, розмірів мірної ємності, діаметра заслінки.

**Ключові слова** - дозатор, крупи, вібрація, прискорення вібровпливу.

**Постановка проблеми.** З кожним роком кількість споживання круп населенням зростає. Лідерство з реалізації круп стабільно займають гречка й рис (70...80%). Питома вага інших видів круп коливається від 10% (горох - цілий і дроблений) до 2% (вівсяна, без плющеного зерна й мюслі).

У пакувальній галузі дозатор - найважливіша за своїм значенням машина. Більшість існуючих на сьогоднішній день конструкцій дозаторів являють собою досить складну фізико-механічну систему, що перебуває часом під контролем дорогих електронних і мікропроцесорних блоків управління.

**Аналіз останніх досліджень.** Аналіз можливих напрямків створення машин для фасування круп, який виключає недоліки раніше розроблених конструкцій, показав, що найбільш ефективними є об'ємні дозатори або комбіновані (об'ємно-вагові). Разом з тим, об'ємні дозатори мають низьку точність відмірювання мас - доз, що значно впливає на продуктивність, габаритні розміри, вартість й металоємність всієї машини.

Раніше проведені авторами дослідження показали, що на точність дозування в значній мірі впливає повітря, яке знаходиться в мірній ємності. Для зменшення впливу його на роботу дозатора, запропоновано спосіб дозування круп, який полягає в тому, що мірна

ємність, яка робить кругові гармонійні коливання, заповнюється струменем фасованого тіла. Це приводить не тільки до ліквідації негативного впливу потоків повітря, але й інтенсифікує орієнтацію часток у мірній ємності під дією вібрації, при цьому підвищується точність дозування [1].

Аналізу апріорної інформації не виявив наявності теоретичних основ, які могли б сприяти створенню раціональних конструкцій об'ємних дозаторів круп з вібростабілізатором насипної маси.

**Формування цілей статті.** Осць чому метою аналітичних досліджень стало встановлення залежності для визначення прискорення вібратора з урахуванням фізико-механічних характеристик круп, розмірів мірної ємності і діаметра заслінки.

**Основна частина.** При аналітичних дослідженнях було прийнято що:

- опір повітря незначно впливає на швидкість переміщення тіла, тому що її величина мала;
- відсутній поворот часток при взаємодії їх зі стінкою у зв'язку з тим, що при цьому необхідно перебороти не тільки силу тертя, але й нормальні сили з боку навколишніх часток;
- рух починається зі стану спокою;
- швидкості витікання круп через отвір заслінки ( $v_z$ ) і по поверхні віброуючого сипкого тіла в мірній ємності ( $v_m$ ) однакові;
- сипке тіло надходить у мірну ємність через нерухливий отвір;

Мірна ємність робить кругові коливання, крупа розташовується в ній у вигляді сипучого тіла, товщину якого будемо вважати однаковою над всією площиною поверхні, так само як гранулометричний склад і властивості часток (крупинок). Крупинки верхніх шарів більше рухливі, ніж нижні. Це пояснюється збільшенням числа зв'язків часток у міру видалення їх від вільної поверхні.

Скористаємося теорією проф. В. В. Гортинського, де розглядається продукт, як сукупність нескінченно великої кількості шарів - пластин. При цьому коефіцієнт опору зрушенню шарів безупинно зростає через вплив гравітаційних сил вище лежачих шарів сипкого тіла [2].

Пошаровий рух сипкого тіла при достатній площі опорної горизонтальної поверхні можливий тільки за умови, якщо коефіцієнт опору зрушенню нижнього шару більше коефіцієнтів опору зрушенню вище лежачих шарів. Причому при поступовому збільшенні прискорення опорної поверхні відносний рух шарів сипкого тіла починається зверху й поступово поширюється до низу. Просторова картина швидкостей всією товщиною сипкого тіла подана на рис. 1.

Відносна швидкість часток нижнього шару становить:

$$v_m = \omega \rho_m = \omega R \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{gf_o}{\omega^2 R} \right)^2 (1 + 2\xi)^2} - \frac{gf_o}{\omega^2 R} \sqrt{2\xi(1 + \xi)} \right], \frac{m}{c}. \quad (1)$$

де  $\omega$  - кутова (циклічна) частота коливань,  $c^{-1}$ ;

$\rho_m$  - радіус відносної траєкторії руху нижнього шару;

$R$  - радіус (амплітуда) коливань,  $m$ ;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $m/c^2$ ;

$\xi = \frac{f_m - f_o}{f_o}$  - наведений коефіцієнт, що враховує опір зрушенню

верхнього ( $f_o$ ) і нижнього ( $f_m$ ) шарів.

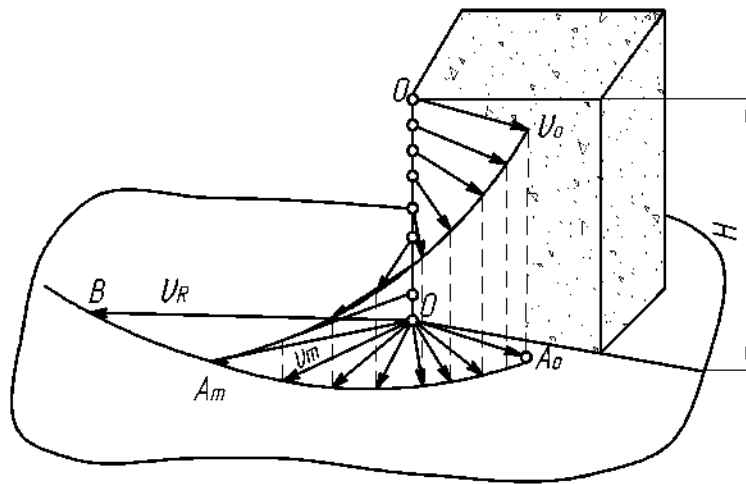


Рис. 1. Розподіл швидкостей елементарних шарів за висотою сипкого тіла

Радіус відносної траєкторії руху нижнього шару можна знайти із залежності:

$$\rho_m = \frac{v_m}{\omega}, m$$

Підставимо дане значення у формулу (1) і, зробивши найпростіші перетворення, одержимо:

$$\frac{v_m}{\omega} = R \left[ \sqrt{1 - \left( \frac{gf_o}{\omega^2 R} \right)^2 (1 + 2\xi)^2} - \left( \frac{gf_o}{\omega^2 R} \right) \sqrt{2\xi(1 + \xi)} \right]. \quad (2)$$

Швидкість витікання продукту через отвір заслінки можна знайти за формулою [4]:

$$v_s = \frac{G}{\gamma_n F}, m/c, \quad (3)$$

де  $F$  - наведена площа отвору заслінки,  $m^2$ ;

$G$  - витрати продукту через отвір [3],  $kg/c$ ;

$\gamma_n$  - насипна маса продукту,  $кг/м^3$ .

Розмірами крупинки можна зневажити. Тоді рівняння (3) приймає вид:

$$v_3 = \frac{G}{\frac{\pi d^2}{4} \gamma_n} = \frac{4G}{\pi \gamma_n d^2}.$$

Згідно гіпотези  $U_m = U_3$ , підставимо отримане значення  $v_3$  у рівняння (2)

$$\frac{4G}{\pi \gamma_n d^2 \omega} = R \sqrt{1 - \left(\frac{g f_o}{\omega^2 R}\right) (1 - 2\varepsilon)^2} - \frac{g f_o}{\omega^2 R} \sqrt{2\varepsilon(1 + \varepsilon)}. \quad (4)$$

Позначимо

$$\frac{4G}{\pi \gamma_n d^2 R} = A; \quad \left(\frac{g f_o}{R}\right)^2 (1 + 2\varepsilon)^2 = B; \quad \frac{g f_o}{R} \sqrt{2\varepsilon(1 + \varepsilon)} = C.$$

Після перетворень одержуємо остаточне рівняння четвертого ступеня

$$\omega^4 = (C^2 + B) + 2AC\omega + A^2\omega^2. \quad (5)$$

Основу рішення отриманої залежності становить послідовність нелінійних відображень рівняння на площині усе більш високих порядків; розчленовування заданого рівняння на лінійні й квадратні підрівняння; рішення підрівнянь і повернення рішень на площину оригіналу. Рівняння записуються в канонічній знакозмінній формі.

Під час рішення використовується найпростіше з нелінійних відображень, так зване, стандартне або кратне, яке здійснюється одночленною функцією, коли алгебраїчна функція може бути відображена будь-якою алгебраїчною функцією.

Апаратом відображень є алгебра симетричних моментів, яка представляє собою систематизований метод обчислення моментів рівнянь образів через моменти рівняння оригіналу.

До прикладу застосуємо вищевикладену методику рішення отриманих алгебраїчних рівнянь четвертого ступеня для розрахунку прискорення вібровпливу на гречану крупу, що перебуває в мірній ємності в зоні оптимуму.

Вихідні дані для розрахунків:  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ ;  $\gamma_n = 590 \text{ кг/м}^3$ ;  $R(A) = 0,002 \text{ м}$ ;  $f_o = 0,77$ ;  $\varepsilon = 0,007$ ;  $G$  - значення наведені в статті [3].

Рівняння (5) для кутової швидкості приймає вид:

$$\omega^4 - 2,073 \times 10^4 \omega^2 - 1,29 \times 10^5 \omega - 1,484 \times 10^7 = 0. \quad (6)$$

Обчислюємо й заносимо в таблицю моменти рівнянь оригіналу й образів відображень.

Таблиця 1- Таблиця моментів рівнянь оригіналу й образів відображень

$\nu$	1	2	3	4	5
$P_\nu$	0	$4,146 \times 10^4$	$3,87 \times 10^5$	$9,187 \times 10^8$	$1,337 \times 10^{10}$
$P_{\nu\nu}$	$-2,073 \times 10^4$	$4 \times 10^8$	$-9,779 \times 10^{12}$	$2,1 \times 10^{17}$	$-4,474 \times 10^{21}$
$P_{\nu\nu\nu}$	$1,29 \times 10^5$	$-5,985 \times 10^{11}$	$-1,169 \times 10^{17}$	$1,821 \times 10^{23}$	$5,985 \times 10^{28}$
$P_{\nu\nu\nu\nu}$	$-1,484 \times 10^7$	$2,202 \times 10^{14}$	$-3,267 \times 10^{21}$	$4,847 \times 10^{28}$	$-7,191 \times 10^{35}$

Знання моментів рівнянь відображень необхідно для з'ясування порядку розподілу коренів заданого рівняння за модулем й характером. Для чого, передбачаючи для початку, що корінь заданого рівняння дійсний й різний, розділяємо рівняння на лінійні підрівняння, кожне з яких визначає свій корінь в  $\nu$ -тім наближенні.

Використовуючи знайдені значення моментів, обчислюємо й зводимо в таблицю 2 наближення коренів заданого рівняння.

Таблиця 2- Таблиця наближення коренів рівняння

$\nu$	1	2	3	4	5
$\omega_1(\nu)$	0	203,608	72,873	174,096	105,979
$\omega_2(\nu)$	0	98,226	-293,447	122,967	-201,801
$\omega_3(\nu)$	-6,223	38,681i	22,864	30,512	-26,624
$\omega_4(\nu)$	-115,024	19,18i	30,348	22,715	-26,058

Як видно з аналізу табл. 2 послідовність, що сходиться до дійсного числа, утворить тільки наближення кореня  $\omega_1$ , отже, рівняння має тільки одне дійсне рішення.

Можна прийняти кутову швидкість рівну  $106 \text{ с}^{-1}$  (перший рядок). При цьому прискорення вібратора складе:

$$g_{\text{об}} = A \omega^2 = 106^2 \times 0,002 \approx 22 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Відхилення значень прискорень вібратора отриманих експериментальним і теоретичним шляхами не перевищує 7%.

**Висновки.** Аналітичні вишукування сприяли одержанню канонічного рівняння четвертого ступеня, рішення якого методом нелінійних відображень на площині дозволяє визначати оптимальне прискорення вібратора залежно від фізико-механічних характеристик крупи, розмірів мірної ємності й діаметра заслінки.

Надалі роботи будуть спрямовані на одержання аналітичної залежності для визначення оптимальних розмірів мірної ємності.

## Література

1. Пат. 7636 (UA) Спосіб порціонного дозування сипучих тіл. / Заплетніков І.М., Владіміров С.В. - Опубл. 15.07.2005, Бюл. №7.
2. Гортинский В. В. Процеси сепарування на зерноперероблюючих підприємствах / В. В. Гортинский, А. Б. Демский, М. А. Борискин. - 2-е изд., перераб. і доп. - М. : Колосся, 1980. - 304 с.
3. Заплетніков І. М. До питання створення об'ємних дозаторів круп / І. М. Заплетніков, С. В. Владіміров // Наукові праці / Одес. нац. акад. харч. технологій. - О., 2007. - № 30. - С. 56-59.
4. Зенков Р. Л. Бункерні пристрої / Р. Л. Зенков, Г. П. Гриневиц, В. С. Исаев. - М. : Машинобудування. 1977. - 228 с.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОЗДАНИЯ ОБЪЕМНЫХ ДОЗАТОРОВ КРУП

Заплетников И.М., Владимиров С.В.

**Аннотация** - работа посвящена аналитическим исследованием, которые разрешают определять оптимальное значение тех факторов которые влияют на работу дозатора, а именно такие как ускорения вибратора в зависимости от физико-механических характеристик крупы, размеров мерной емкости, диаметра заслонки.

## THEORETICAL BACKGROUND OF THE CEREALS VOLUMETRIC DOSING UNITS

I. Zapletnikov, S. Vladimirov

### *Summary*

The annotation is devoted to analytical studies, which allow determining the optimal value of the factors affecting operation of the dosing unit, such as the vibrator acceleration depending on physical-mechanical characteristics of cereals, sizes of dimensional container, diameter of damper.