

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ДРОБАРКИ ВІД ВЕЛИЧИНИ ЇЇ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТА ЗАДАНОГО СТУПЕНЯ ПОДРІБНЕННЯ

Рибальченко В.Д.

здобувач вищої освіти доктор філософії
кафедри «Безпека життєдіяльності»
зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування

Костенко О.М.

д.т.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності, професор
Полтавський державний аграрний університет
м.Полтава, Україна

На процес подрібнення матеріалу мають великий вплив конструктивні параметри робочих органів дробарки. У роботі розглянуті основні конструктивні та технологічні параметри, що впливають на ступінь подрібнення зерна і на питому енергоємність.

За дослідженнями основними конструктивними, технологічними і кінематичними чинниками, що впливають на процес подрібнення, є: висота, кількість і довжина робочої зони подрібнюючих елементів, робота воружителя, величина подачі матеріалу в зону подрібнювача [1,2].

На підставі аналізу досліджень в області ударного подрібнення і особливостей розглянутих нами конструкцій ударних подрібнювачів з обертовими двохгранними молотками пропонується розглядати розподільну функцію у вигляді [2]:

$$\omega(x) = t(\vartheta_{\text{пит}}, \sigma_{\text{ст}}, \tau_{\text{зр}}, \rho, q), \quad (1)$$

де $\vartheta_{\text{пит}}$ – швидкість прямого ударного навантаження, м/с;

$\sigma_{\text{ст}}$ – межа матеріалу міцності на стиск; Па;

$\tau_{\text{сер}}$ – межа міцності матеріалу на зріз, Па;

ρ – щільність подрібнювального матеріалу, кг/м³;

q – питоме завантаження подрібнюючої поверхні, м²/с.

Додатково введені два фактори: межа міцності подрібнювального матеріалу на зріз і питоме завантаження подрібнюючої поверхні.

Питоме завантаження подрібнюючої поверхні робочих органів є поверхневою характеристикою взаємодії подрібнювального матеріалу і подрібнюючої поверхні:

$$q = \frac{S_{\text{под.м.}}}{S_{\text{под.ел}}}, \quad (2)$$

де $S_{\text{под.м.}}$ – площа поверхні подрібнювального матеріалу, який подається на поверхню подрібнюючих елементів в одиницю часу, м²/с;

$S_{\text{под.ел}}$ – загальна площа подрібнюючих елементів, м².

Площа поверхні подрібнювального матеріалу в одиницю часу дорівнює:

$$S_{\text{под.м}} = PS_{\text{пит.}}, \quad (3)$$

де $S_{\text{пит.}}$ – масова питома площа поверхні подрібнювального матеріалу, $\text{м}^2/\text{кг}$;

P – подача подрібнювального матеріалу, $\text{кг}/\text{с}$.

Площа подрібнюючих елементів в камері дробарки:

$$S_{\text{под.ел}} = Khl_{\text{роб.}} \quad (4)$$

де K – кількість подрібнюючих елементів в камері дробарки на певному ступені подрібнення;

h – робоча висота подрібнюючих елементів, м ;

$l_{\text{роб}}$ – довжина робочої зони подрібнюючих елементів, м .

Введення параметра завантаження q в функцію розподілу $\omega(x)$ дозволяє уявити математичну модель процесу подрібнення одиночних частинок для реальних умов подрібнення. При цьому в дробарках враховується вплив подачі матеріалу, його вихідної питомої поверхні та параметрів подрібнюючих елементів.

Однак завантаження q визначається не тільки подачею матеріалу, його питомою поверхнею, площею подрібнюючих елементів, а й активністю робочої поверхні елементів [2]:

$$q = t(P, S_{\text{пит}}, S_{\text{под.ел}}, A), \quad (5)$$

де A – активність поверхні подрібнюючих елементів.

Необхідність введення такої характеристика, як активність подрібнюючої поверхні обумовлено тим, що в різних конструкціях дробарок, незалежно від площі подрібнювальної поверхні і подачі матеріалу, а також питомої поверхні подрібнювального матеріалу на якість подрібнення суттєво впливає здатність подрібнювальної поверхні своєчасно відводити подрібнений матеріал із зони подрібнення. Відведення подрібненого матеріалу здійснюється за допомогою повітряного потоку. Дробарки з двома ріжучими кромками молотків мають вищу активність подрібнюючої поверхні з усіх існуючих конструкцій. Це пояснюється тим, що на частинку відбувається два удари замість одного і дозволяє практично миттєво (протягом $10^{-3} \dots 10^{-4}$ с) очистити поверхню від продукту руйнування. Крім того, питома навантаження на поверхню руйнування набагато вище через меншу площу контакту.

Продуктивність Q дробарки в загальному випадку розраховується за формулою [3]:

$$Q = P_{\text{опт 1}} \frac{S_{\text{под.ел 1}}}{S_{\text{пит}}}, \quad (6)$$

де $P_{\text{опт 1}}$ – оптимальне завантаження поверхні подрібнюючих елементів ступеню, при якому подача не впливає на ступінь подрібнення матеріалу, $\text{м}^2/\text{с}$.

Знаючи оптимальну величину завантаження, продуктивність дробарки і питому поверхню подрібнювального матеріалу за формулами (3) і (6) можна визначити площу подрібнюючих елементів на наступних ступенях. Розглянемо загальний випадок подрібнення зерна в z -ступінчастій дробарці.

При проходженні матеріалу через ступені подрібнення він піддається ударним впливам, в результаті яких збільшується його питома поверхня. Отже, зростає і загальна поверхня матеріалу, що подається в одиницю часу на

подрібнюючу поверхню ($P = \text{const}$ на всіх ступенях, так як проміжна сепарація відсутня).

Процес збільшення поверхні подрібнювального матеріалу можна записати у вигляді нерівностей:

$$S_{\text{под.м.}z} \gg S_{\text{под.м.}(z-1)} \gg \dots \gg S_{\text{под.м.}z.0} \quad (7)$$

де $S_{\text{под.м.}z.0}$ – вихідна площа поверхні подрібнювального матеріалу;

$S_{\text{под.м.}z}$ – площа поверхні подрібнювального матеріалу після z -ої ступені подрібнення, м^2 .

Згідно гіпотезі, для певного матеріалу і конкретної подрібнюючої поверхні завантаження повинно бути оптимальним. Припускаючи, що активність подрібнюючої поверхні (в межах 2...4 ступенів) однакова, можна записати:

$$P_{\text{опт.1}} = P_{\text{опт.2}} = \dots = P_{\text{опт.}z} . \quad (8)$$

З урахуванням формули (2) вираз (7) матиме вигляд:

$$\frac{S_{\text{под.м.}z.0}}{S_{\text{под.ел.1}}} = \frac{S_{\text{под.м.1}}}{S_{\text{под.ел.2}}} = \dots = \frac{S_{\text{под.м.}(z-1)}}{S_{\text{под.ел.}z}} . \quad (9)$$

Прийнявши до уваги формули (3) та (4) можна записати:

$$\frac{P \cdot S_{\text{пит.0}}}{l_1 n_1 k_1} = \frac{P \cdot S_{\text{пит.1}}}{P_2 n_2 k_2} = \frac{P \cdot S_{\text{пит.}(z-1)}}{l_z n_z k_z} . \quad (10)$$

Після перетворення вираз (11) матиме вигляд:

$$\frac{l_z n_z k_z}{l_{z-1} n_{z-1} k_{z-1}} = \frac{P \cdot S_{\text{пит.}n}}{P \cdot S_{\text{пит.}(z-1)}} = k_z \lambda_{(z-1)z} \quad \text{і т.д.}$$

$$\frac{l_2 n_2 k_2}{l_1 n_1 k_1} = \frac{P \cdot S_{\text{пит.2}}}{P \cdot S_{\text{пит.1}}} = k_z \lambda_{12}, \quad (11)$$

де k_z – коефіцієнт перерахунку величини поверхні подрібнення через середній еквівалентний діаметр частинок.

Перетворивши формули (11) та (12) маємо:

$$\lambda_{(n-1)n} = \frac{l_z n_z k_z}{l_{z-1} n_{z-1} k_{z-1}} \cdot \frac{1}{k_z} \quad \text{і т.д.}$$

$$\lambda_{12} = \frac{l_2 n_2 k_2}{l_1 n_1 k_1} \cdot \frac{1}{k_z} \quad (12)$$

Загальний ступінь подрібнення в дробарці після z -го ступеня:

$$\lambda = \lambda_{12} \lambda_{23} \lambda_{34} \dots \lambda_{(z-1)z} . \quad (13)$$

Підставивши у формулу (13) значення λ у відповідності з виразом (12) отримаємо:

$$\lambda = \frac{l_2 n_2 k_2}{l_1 n_1 k_1} \cdot \frac{1}{k_z} = \frac{l_3 n_3 k_3}{l_2 n_2 k_2} \cdot \frac{1}{k_z} = \dots = \frac{l_z n_z k_z}{l_{z-1} n_{z-1} k_{z-1}} \cdot \frac{1}{k_z}$$

$$\lambda = \frac{n_z l_z k_z}{n_1 l_1 k_1} \cdot \frac{1}{k_z^z} \quad (14)$$

$$l_z \cdot n_z \cdot k_z = \lambda \cdot k_z^z \cdot L_1 \cdot H_1 \cdot K_1 . \quad (15)$$

Таким чином, виявили взаємозв'язок між параметрами подрібнюючих елементів першого ступеня і z -го при заданому ступеня подрібнення.

На підставі вищевикладених теоретичних досліджень, нами розроблена схема подрібнювача з оптимальними варіантами конструкцій дробарки.

При аналізі залежності (15) можна констатувати, що в міру збільшення числа ступенів подрібнення в камері подрібнення двома ріжучими кромками молотка рівність порушується, тобто при $z > 1$:

$$l_z \cdot n_z \cdot k_z \leq \lambda \cdot k_n^z \cdot L_1 \cdot H_1 \cdot K_1. \quad (16)$$

Зберегти рівність в даному випадку і тим самим забезпечити оптимальне завантаження на кожному з наступних ступенів можна за рахунок збільшення площі подрібнюючих елементів z -го ступеня.

Збільшення площі подрібнюючих елементів наступних ступенів можна забезпечити за рахунок збільшення їх висоти.

На рисунку 1 представлена схема з підвищуючим каналом подрібнення.

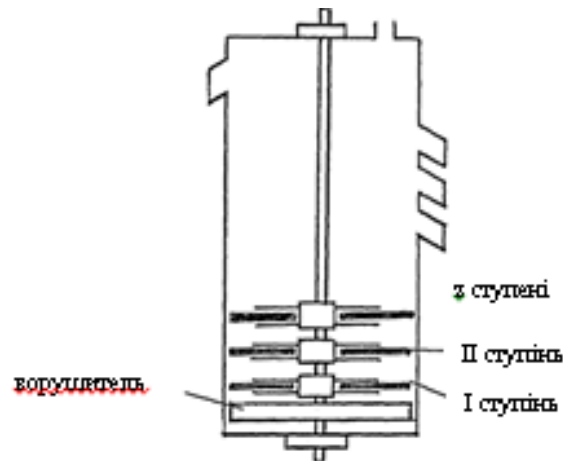


Рисунок 1 – Схема подрібнення із збільшенням висоти подрібнюючих елементів

При переході матеріалу з одного ступеня на інший і збільшення ступеня подрібнення (площі загальної поверхні подрібнюючого матеріалу) збільшується площа в подрібнюючих елементах, що забезпечує оптимальне завантаження на кожному ступені подрібнення.

Список використаних джерел

1. Борщев В. Я. Оборудование для измельчения материалов: дробилки и мельницы. Тамбов: Тамбовский гос. техн. ун-т, 2004. 92 с.
2. Колобов М.Ю., Сахаров С.Е. Зернодробилки центробежно-ударного действия. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 2012. №4. С.17-18.
3. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. Машины та обладнання переробних виробництв: навч. посіб. Київ: Вища освіта, 2005. 159с.