

УДК 631.171:662

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА

Лукач В.С.<sup>1</sup>, Кульгейко О.М.<sup>2</sup>, Василюк В.І.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> канд. пед. наук, доцент, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна

<sup>2</sup> студент, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна

<sup>3</sup> канд. техн. наук, доцент, ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна

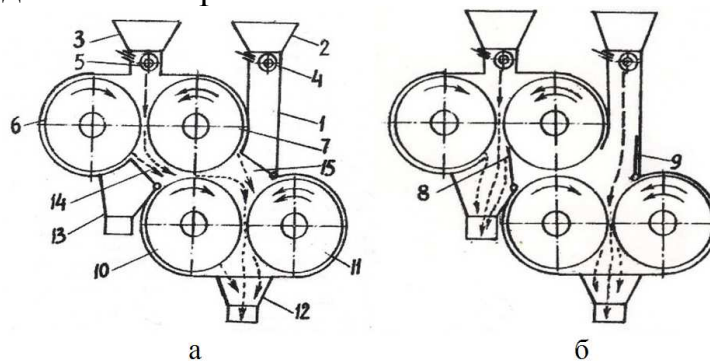
**Вступ.** Викладені результати досліджень запатентованої конструкції вальцьового млина. Встановлено математичні залежності для розрахунку діаметрів вальців, а також розрахунок робочого зазору між вальцями.

**Постановка проблеми.** Питомі витрати енергії на подрібнення зерна злакових культур коливаються від 6 до 12 кВт.год./т. Враховуючи величезні об'єми зерна, які подрібнюються на хлібопекарське борошно і комбікорм та значну енергоємність процесу, вдосконалення та створення нових подрібнювальних машин є актуальною народногосподарською задачею.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Теорію подрібнення зерна удосконалив академік В.П. Горячкін, а подальший свій розвиток вона знайшла в працях В.А. Желіговського, Н.Е. Резніка, І.І. Ревенка. Поверхнева теорія Ріттінгера, об'ємна теорія В.Л. Кірпічова, теорія руйнування П.А. Ребіндера враховує роботу, що є сумою складників: результатом утворення нових поверхонь і енергії об'ємної деформації. Процес подрібнення зерна подрібнювально-розтираючими конусами реалізований в конусній дробарці [1], де зерно подрібнюється і надходить в кругову канавку, що виконана на внутрішньому нерухомому конусі. Після цього частково подрібнена маса відцентровою силою виноситься у клиноподібний зазор, де повністю подрібнившись, лопатями вивантажується з дробарки. Для подрібнення рушанки в технологічних лініях застосовують трьох і чотирьох вальцьові верстати. Оброблюваний продукт послідовно подрібнюється два рази в трьохвальцьовому і три рази в чотирьохвальцьовому верстаті. При такій компоновці верстати менш металомісні і мають високу продуктивність [2].

**Постановка завдання.** Обґрунтувати технологічні параметри нової конструкції вальцевого млина.

**Результати дослідження.** Для удосконалення процесу подрібнення зерна запропонована конструкція вальцевого млина, яка захищена патентом України [3]. Вона забезпечує налагоджування механізмів на одно- дво- триразове подрібнення і плющення зерна. Цей вальцевий верстат можна встановлювати в лінії підготовки насіння олійних культур до віджиму олії. Очищене від лушпиння ядро із насіннерушильного агрегату подається на вальці 6 і 7 рис. 1а, де розмелюється і виноситься в камеру 14. Виникає барботування продукту в процесі якого значна його частина спрямовується в зазор між вальцями 7 і 10, а потім потоком виноситься в камеру 15. Між вальцями 10 і 11 продукт подрібнюється і через розвантажувальний бункер 12 подається в жаровню.



**Рис. 1** Схема вальцевого млина:

**а - варіант трьохразового подрібнення; б - одноразове подрібнення  
окремими парами вальців:**

**1 - корпус; 2,3 - бункери; 4,5 - живильні вальці; 6,7 - вальці; 8,9 -  
заслінки; 10,11 - вальці; 12,13 - бункери; 14,15 - камери**

При одноразовому подрібненні (рис. 1б) регулювальні заслінки 8 і 9 встановлені у вертикальне положення, а нижні і верхні пари вальців працюють окремо в режимі одноразового подрібнення зерна. Оскільки умова затягування зерна між горизонтальною парою вальців відома [2], то в нашому випадку розглянемо умови руху частинки подрібненого зерна між вертикальними вальцями 7 і 10 вздовж заслінки 8 встановленої під кутом  $\alpha$  до нижнього вальця 10 (рис. 2) . Такий рух можливий за умови:

$$C > N_2 \quad (1)$$

або

$$Q \sin \alpha > f \cos \alpha, \quad (2)$$

звідки

$$\sin \alpha > \cos \alpha \quad (3)$$

Оскільки  $f = \operatorname{tg} \varphi$ , де  $\varphi$  - кут тертя, то отримуємо  $\operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \varphi$  або  $\alpha > \varphi$ .

Розглянемо процес затягування частинки між вальцями 7 і 10, що встановлені вертикально. Збоку вальців на зернину діють нормальні реакції  $N_1$  і  $N_2$ , а також сили тертя  $F_1$  і  $F_2$ , які відповідно дорівнюють  $F_1 = fN_1$ ,  $F_2 = fN_2$  де  $f$  - коефіцієнт тертя між вальцем і частинкою. Оскільки сили  $N_1$  і  $N_2$  значно більші ніж вага частинки, то нею можна знехтувати. Тоді  $N_1 = N_2$ , що значно спрощує розрахунки. Як відомо з курсу теоретичної механіки [4], сили  $R_1 = N_1 + F_1$ ,  $R_2 = N_2 + F_2$  відхилені від векторів  $N_1$  і  $N_2$  на кут  $\varphi$  (рис. 2), де  $\varphi$  - кут тертя.

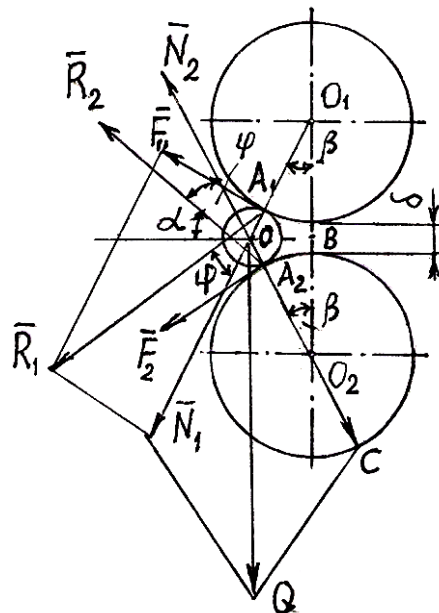


Рис. 2 Схема сил, що діють на вертикальних вальцях млина

Відомо, що  $\operatorname{tg} \varphi = f$ . Запишемо умову затягування частинки вальцями:  $\beta < \varphi$ , де  $\beta = \angle OO_1B = \angle OO_2B$ , де  $B$  - точка, що знаходиться посередині зазору між вальцями 7 і 10, як видно з рис. 2:

$$\cos \beta = \frac{O_1B}{O_1O} = \frac{\frac{D_e}{2} + \frac{\delta}{2}}{\frac{D_e}{2} + \frac{d}{2}} = \frac{D_e + \delta}{D_e + d}, \quad (4)$$

де  $D_e$  - діаметр вальця;  $\delta$  - величина зазору між вальцями;  $d$  - діаметр частинки подрібненого зерна.

З умови  $\beta < \varphi$  запишемо  $\cos \beta > \cos \varphi$ , або враховуючи (4) отримаємо:

$$\frac{D_g + \delta}{D_g + d} > \cos \varphi. \quad (5)$$

Розв'язуючи отриману нерівність, знаходимо:

$$D_g > \frac{d \cos \varphi - \delta}{1 - \cos \varphi}. \quad (6)$$

Таким чином отримана нерівність для розрахунку діаметра вальця з умови надійного захвату частинки подрібненого зерна. Для розмелювання або плющення зерна його треба деформувати до розміру  $r = kd$ , де  $k$  - коефіцієнт, що враховує ступінь подрібнення зерна, тобто  $0 < k < 1$ .

Враховуючи цю умову, зазор між вальцями повинен бути рівним:

$$\delta = r = kd.$$

Тоді, враховуючи (6) отримаємо:

$$D_g > \frac{d(\cos \varphi - k)}{1 - \cos \varphi}. \quad (7)$$

**Висновки.** Таким чином, отримано вираз для знаходження діаметра вальців і зазорів з урахуванням надійного затягування подрібненого або плющеного зерна та необхідного ступеня подрібнення (плющення).

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. 49716 UA, МПК В02С 17/00. Конусна дробарка / Єременко О.І., Шаблій М.Є., Ікальчик М.І. [та ін.]. - № u200911335; заявл. 06.11.2009; опубл. 11.05.2010, Бюл. №9.
2. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / Дацишин О.В., Ткачук А.І., Гвоздев О.В. [та ін.]. – Вінниця : Нова книга, 2009. – 486 с.
3. Пат. 52504 UA МПК В02С 4/06 (2006.01). Вальцьовий млин / Шаблій М.Є. (UA). № u201003031; заявл. 17.03.2010; опубл. 25.08.2010, Бюл. №16.
4. Теоретична механіка : підручник / Литвинов О.І., Михайлович Я.М., Лукач В.С. [та ін.].- Ніжин : ПП Лисенко М.М., 2009.- 595 с.