

## МОДЕРНІЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ДРОБАРОК ЗЕРНОВИХ ПРОДУКТІВ

*В. Буртак, к. т. н., Т. Кохана, к. е. н.,  
Р. Гуменюк, к. т. н., Р. Шеремета, здобувач  
Львівський національний аграрний університет*

**Постановка проблеми.** Процеси подрібнення застосовують у багатьох галузях, зокрема в харчовій та переробній промисловості, де гранулометричний склад подрібненого продукту і ступінь подрібнення мають важливе значення. Складність явищ, які спостерігаються під час подрібнення зерна різних культур, компонентів харчових продуктів чи комбікормів або їх сумішей, практично унеможливило створення єдиної універсальної дробарки, яка б задовольняла всі вимоги харчової та переробної промисловості в якісних і кількісних характеристиках вихідних продуктів [2]. Для отримання одних продуктів необхідні дробарки, подрібнення в яких відбувається на основі таких принципів, як удар та перетирання, інших – на основі зсуву та стиску або ламання, різання чи розколювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження зернових дробарок розглядається в низці робіт [3; 5; 6], в яких описані методики визначення їх основних геометричних, кінематичних і динамічних параметрів, а також розроблені моделі їх функціонування.

У подрібнювальній камері дробарки, у зоні руху робочих органів, виникає рухомий повітряно-продуктовий шар, кінематичні та динамічні показники якого визначають основні експлуатаційні характеристики машини. Однією з них є кратність циркуляції матеріалу – перебування матеріалу в подрібнювальній камері, що відповідає кількості повних обертів за час подрібнення його до заданого показника гранулометричного складу [7]. Зменшення кратності циркуляції – основний шлях до підвищення ефективності роботи дробарок. У дробарках цього можна досягти інтенсифікацією процесу стирання та реалізацією додатково такого принципу, як розколювання.

Розглянуто технічне рішення [4], згідно з яким було дробарки з'єднане з ротором за допомогою пружного елемента у вигляді плоскої пружини. Внаслідок деформації цього пружного елемента, зміни його кінетичної енергії, а також зазору між робочими елементами та внутрішньою стінкою корпусу стало можливим збільшити участь інших способів руйнування матеріалу, що, своєю чергою, підвищує ефективність робочого процесу подрібнення в цілому.

**Постановка завдання.** Метою нашого дослідження є розробка теоретичних засад і конструктивних схем дробарок із залученням інших видів руйнування в робочому процесі подрібнення.

**Виклад основного матеріалу.** У розвиток цієї ідеї запропоноване кріплення робочих елементів за допомогою циліндричних пружин, яке сприяє додатковому перемішуванню подрібнюваного матеріалу та його руйнуванню за рахунок сил пружності пружини і відцентрової сили молотків, які працюють в обертально-коливальному режимі (див. рис.).

Дробарка містить завантажувальний бункер 1, циліндричний корпус 2, сито 3, ротор 4 з молотками 5, які закріплені за допомогою циліндричних пружин 6 до маточини, та вивантажувальний патрубок 7. Привід та дебалансний вібратор, що знаходяться на валу ротора 4, надають коливального руху молоткам 5 (на кресленні не показані). Корпус 2 дробарки прикріплений до основи через пружну підвіску 8.

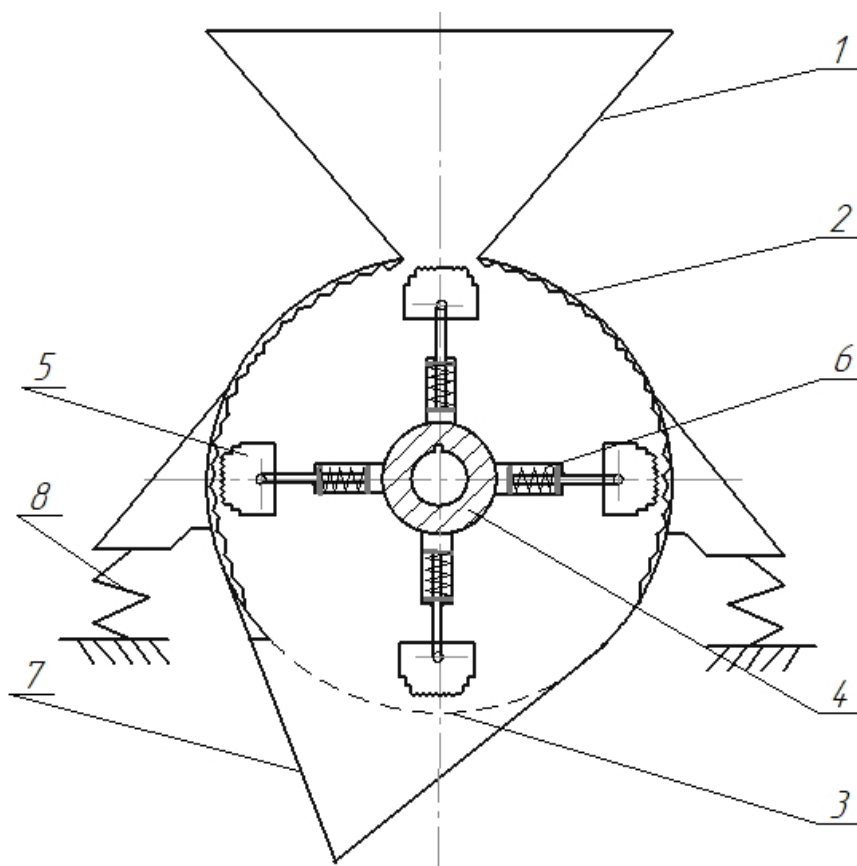


Рис. Схема дробарки.

Принцип роботи дробарки полягає в тому, що внаслідок радіального переміщення молотків, які закріплені за допомогою циліндричних пружин до маточини ротора, під дією відцентрових сил та вібрації корпусу створюється технологічний ефект, суть якого в тому, що молотки за ударного руйнування

матеріалу під час обертального руху ротора додатково подрібнюють матеріал у радіальному напрямі за допомогою стирання та розколювання [1].

Дослідженням процесу стирання встановлено, що під час проходження робочого органа в зоні процесу подрібнення зі швидкістю  $V_1$  (швидкість повітряно-продуктового шару) на цю частинку діє тиск, що характеризується рівністю

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho V_1^2}{2}, \quad (1)$$

де  $P_1$  і  $P_2$  – відповідно тиск, який утворюється між робочими органами, і тиск у повітряно-продуктовому шарі, причому  $P_2 < P_1$ ;

$\rho$  – середня густина повітряно-продуктового шару;

$V_1$  – швидкість робочого органа.

Внаслідок такої різниці тисків частинка подрібнюваного матеріалу притискається до зубців робочого органа і відбувається процес руйнування (стирання) частинки. Використовуючи результати досліджень [1], можна визначити силу стирання:

$$F_{\text{ст}} = \frac{K_0 \times (\text{tg}\alpha + f) \times F_n}{(1 + K_0 f) \times \text{tg}\alpha + (f - K_0)}. \quad (2)$$

Під час робочого процесу стирання можливі такі випадки:

- 1) частинки, які менші від зазору між робочими органами, проковзують між поверхнями і рухаються за кільцевою траєкторією з повітряно-продуктовим шаром;
- 2) взаємодіючи з одним робочим елементом, частинка матеріалу, яка не встигла стертись до номінальних розмірів, потрапляє під дію наступного робочого органа.

Розглядаючи процес розколювання, запишемо диференціальне рівняння руху робочого органа [2]:

$$I_0 \frac{d^2\varphi}{dt^2} = -F_{\text{кв}} \times R \cos\beta, \quad (3)$$

де  $I_0$  – момент інерції робочого органа відносно осі обертання;

$F_{\text{кв}}$  – сила контактної взаємодії робочого органа з подрібнюваною частинкою;

$\beta$  – кут між силою  $F_{\text{кв}}$  і дотичною до траєкторії руху периферійної точки робочого органа.

У цьому разі на подрібнювану частинку відповідної маси з боку рухомого робочого органа діє відповідна сила контактної взаємодії:

$$F_{\text{кв}} = K \left( \varphi \times R \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (4)$$

де  $K$  – коефіцієнт, що залежить від геометричних та фізичних характеристик тіл, які взаємодіють;

$\varphi$  – значення кута повороту робочого органа, що відповідає деформації частинки подрібнюваного матеріалу.

Максимально можливе значення сили, з якою робочий орган діє на частинку подрібнюваного матеріалу:

$$F = K^{\frac{2}{5}} \times \left( \frac{5 I_0 \times \omega^2}{4 \cos \beta} \right)^{\frac{3}{5}}. \quad (5)$$

Залежно від положення частинки подрібнюваного матеріалу відбудеться той чи інший вид руйнування:

$$\frac{F \cos \beta}{A_{\text{зр}}} \geq \tau_{\text{зр}} - \text{умова руйнування від стирання};$$

$$\frac{F}{A_{\text{р}}} \geq \sigma_{\text{роз}} - \text{умова руйнування від розколювання}.$$

**Висновки.** Отже, на основі результатів досліджень можна оптимізувати конструктивні параметри робочих органів дробарок та режими роботи дробарок для досягнення готового продукту відповідної якості та заданого ступеня подрібнення за рахунок залучення таких видів руйнування, як стирання та розколювання.

#### Бібліографічний список

1. Буртак В. В., Ванкевич П. І., Ніщенко І. О. Кінетика подрібнення матеріалів стиранням, зрізом і розколюванням. *Стан і перспективи розвитку переробної галузі АПК* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь : Таврійська державна агротехнічна академія, 2005. С. 106-111.
2. Демидов А. Р., Чирков С. Е. Измельчающие машины ударного действия. Москва : ЦНИИТЭИ ЛЕГПИЩЕМАШ, 1969. 70 с.
3. Іващук І. М, Буртак В. В., Коруняк П. С. Модернізація засобів подрібнення зерна ударно-протираальної дії. *Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві* : тези доп. XII Міжнар. наук.-техн. конф. Глеваха : ННЦ «ІМЕСГ», 2004. С. 15.
4. Коруняк П. С., Боровець В. М. Динаміка дробарки з пружним ротором. *Вісник НУ «Львівська політехніка» : Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні*. 2002. № 442. С. 94-97.
5. Коруняк П. С., Буртак В. В. Аналіз шляхів покращення показників роботи засобів ударного подрібнення матеріалів. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження*. 2008. № 12, Т. 1. С. 332-335.
6. Коруняк П. С., Семкович О. Д., Лозовий І. С. Розвиток засобів ударного подрібнення матеріалу. *Вісник НУ «Львівська політехніка» : Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні*. 2002. № 442. С. 61-66.
7. Машины для подрібнення зерна та виробництва комбікормів : навч. посіб. Ванкевич П. І. та ін. Львів, 2001. 51 с.

**Буртак В., Кохана Т., Гуменюк Р., Шеремета Р. Модернізація та аналіз роботи дробарок зернових продуктів**

Конструкція дробарки пропонується з кріпленням робочих елементів за допомогою циліндричних пружин, яке сприяє додатковому перемішуванню подрібнюваного матеріалу та його руйнуванню внаслідок стирання і розколювання, за рахунок сил пружності пружини і відцентрової сили молотків, які працюють в обертально-коливальному режимі.

**Ключові слова:** дробарка, молотки, руйнування, циліндричні пружини, стирання, розколювання.

**Burtak V., Kokhana T., Gumenyuk R., Sheremeta R. Modernizaciya and analysis of work of crushers of corn products**

The construction of crusher is offered with fastening of workings elements by cylinder springs, which is instrumental in additional interfusion of a crush material and his destruction by elimination and cleaving, due to forces of resiliency of spring and centrifugal force of hammers which work in to rotation-vibration mode.

**Key words:** crusher, hammers, destruction, cylindrical springs, abrasion, cracking.

**Буртак В., Кохана Т., Гуменюк Р., Шеремета Р. Модернизация и анализ работы дробилок зерновых продуктов**

Конструкция дробилки предлагается с креплением рабочих элементов с помощью цилиндрических пружин, которое способствует дополнительному перемешиванию измельчаемого материала и его разрушению путем истирания и раскалывания, за счет сил упругости пружины и центробежной силы молотков, которые работают в вращательно-колебательном режиме.

**Ключевые слова:** дробилка, молотки, разрушение, цилиндрические пружины, истирание, раскалывание.