

УДК 621.926.35(088.8)

П.І. Ванкевич, А.І. Шумиловський

Львівський державний аграрний університет,
кафедра механіки, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ МАШИНИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ КОМПОНЕНТІВ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА КОМБІКОРМІВ

© Ванкевич П.І., Шумиловський А.І., 2002

У роботі проаналізовано сучасні подрібнювальні машини, що базуються на різних методах подрібнення компонентів харчових продуктів і комбікормів. Представлена конструкція інерційного млина підвищеної продуктивності. Розроблена методика розрахунку інерційних млинів, яка дозволяє визначати їх основні геометричні, кінематичні та динамічні параметри.

In work analysed contemporary crumbling up machineries, that are based on different components grinding up methods of food products and combined provenders. Represented construction of inertia mill of raised productivity. Developed computation methods of inertia mills, which allows to determine their basic kinematic and dynamic parameters geometrical.

Подрібнення продуктів відрізняються складністю реалізації і залежать від таких чинників, як форма, розміри і зерновий склад вихідного й отриманого продукту, його фізико-механічних властивостей – однорідності, міцності, твердості, вологості, в'язкості тощо, конструктивних особливостей подрібнювача, що визначає кінематику подрібнюваної частинки [1, 2].

Складність явищ, які спостерігаються при подрібненні зерна різних культур або їх сумішей, практично виключає можливість створення єдиного універсального подрібнювача, який би задовольняв всі вимоги харчової та переробної промисловостей в якісних та кількісних характеристиках вихідних продуктів [3, 4]. Для отримання одних продуктів необхідні машини, подрібнення в яких відбувається на основі таких методів, як удар та протирання, інших – на основі роздавлювання та розколювання або ламання та різання тощо. При переробці зерна в борошно та крупу найефективнішими методами подрібнення є роздавлювання та розколювання [5]. Ці методи подрібнення найкраще реалізуються у таких машинах, як інерційні млини (бігуни) [6, 8].

Машини такого типу мають, як правило, однотипну конструкцію: два котки, чашу, по якій рухаються котки та завантажувальний бункер, куди засипається зерно. Котки закріплені на вертикальному валу і обертаються разом з ним, крім того вони одночасно обертаються навколо власних осей симетрії за рахунок тертя між поверхнею котка і матеріалом, який знаходиться в чаші. Подрібнення зерен матеріалу відбувається за рахунок деформування та розтирання при набіганні на них котків.

Інерційні млини бувають з нерухомою чашею і котками, які обертаються від приводу; з чашею, яка обертається від приводу і катків, що вільно обертаються, або обертаються від приводу.

Млини з чашею, яка обертається, швидкохідніші (1200–2000 с⁻¹).

Вивантаження подрібненого матеріалу здійснюється автоматично за рахунок відцентрової сили.

Метою даної роботи є розвиток теорії подрібнення зерна методами роздавлювання та розколювання за рахунок розробки нових конструктивних рішень та методики розрахунку інерційних млинів.

В [9] описано млин з конічною чашею та двома котками, що приводяться в рух за допомогою гнучких кінематичних елементів і забезпечують вибіркоче подрібнення матеріалів.

Конструкція млина

Млин (рис. 1) складається з корпусу 1 з бункером 2 і вивантажувальним патрубком 3, а також напівмуфти 4, яка закріплена на валу 5 і з'єднана гнучкими зв'язками (линвами 7) з котками 6. Всередині котка 6 линва 7 закріплена на упорному підшипнику 8, встановленому на пружній (гумовій) втулці 9. Півмуфта 4, разом з фланцем 10, валом 5, пружиною 11 і втулкою 13 утворюють фрикційну муфту моменту, що регулюється. Конічна чаша 14 встановлена з можливістю обертання в корпусі 1 і з'єднана пасовою передачею 15 з двигуном 16. Вал 5 також з'єднаний пасовою передачею 17 з двигуном 16, причому передавальні відношення пасових передач 15 і 17 різні. На бічній поверхні корпусу 1 передбачено сито 18. На внутрішній поверхні стінок корпусу 1 закріплені лопаті 19.

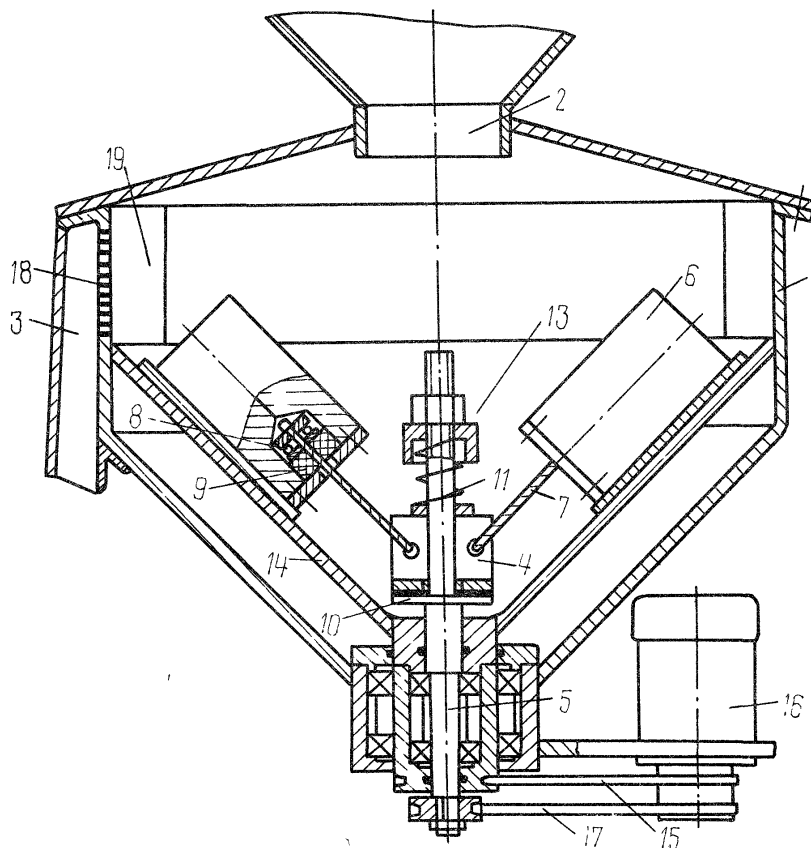


Рис. 1. Загальний вигляд інерційного млина з конічною чашею

Після ввімкнення двигуна 16 чаша 14 і вал 5 з котками 6 приводяться в обертовий рух. Оскільки вал 5 обертається з більшою кутовою швидкістю, ніж чаша 14, то котки 6 котяться по конічній поверхні чаші. Подрібнюваний матеріал з бункера 2 надходить в центральну частину чаші 14 і за рахунок відцентрової сили транспортується вгору в зону руху котків 6.

Вальці розчавлюють зерна матеріалів за рахунок притискання їх до конусної поверхні чаші 14 під дією відцентрової сили і стирають їх за рахунок проковзування вальців відносно чаші 14. Попередньо подрібнений матеріал під дією відцентрової сили, зумовленої обертанням чаші 14 і котків 6, надходить у верхню частину корпусу 1. Тут він співударяється об нерухомі лопаті 19, частково розбивається і падає вниз. Подрібнений матеріал через сито 18 надходить в патрубок 3. Тонка фракція подрібненого матеріалу під дією відцентрових сил також відходить до периферії корпусу 1 і видаляється через сито 18. При цьому в центральній частині млина з'являється невелике розрідження (близько 20 мм вод. ст.), а на периферії – надлишковий тиск повітря.

Млин відрізняється від відомих високою надійністю в роботі. Так, при попаданні шматків матеріалу, що не подрібнюється, в чашу 14, котки 6 обходять по верху ці шматки за рахунок наявності гнучких зв'язків 7. За рахунок співударянь котків з подрібненими частинами матеріалу, що не подрібнюється, швидкість обертання їх зменшується, що призводить до спрацювання запобіжної муфти. Крім того, наявність пружної втулки 9 пом'якшує удари котків з кусковим матеріалом.

Нижче наведено методику розрахунку інерційних млинів.

Методика розрахунку інерційних млинів

Суть методики зводиться до визначення основних геометричних, кінематичних і динамічних параметрів інерційних коткових млинів.

Інерційні млини відрізняються високою ефективністю подрібнення, зумовленого роздавлюванням і протиранням зерен матеріалу 1, котками 2 за рахунок притискання їх відцентровими силами до поверхні конусної чаші 3, а також проковзуванням котків відносно чаші (рис. 2, 3).

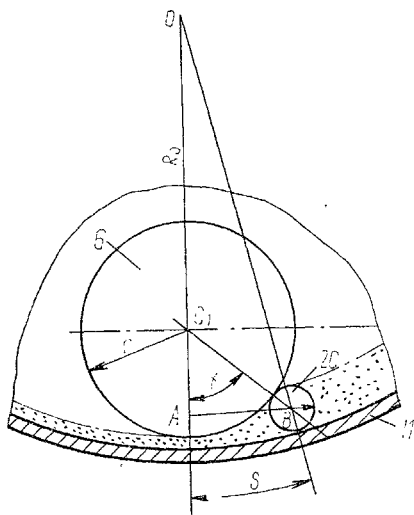


Рис. 2. Схема взаємодії котків з зернами матеріалу

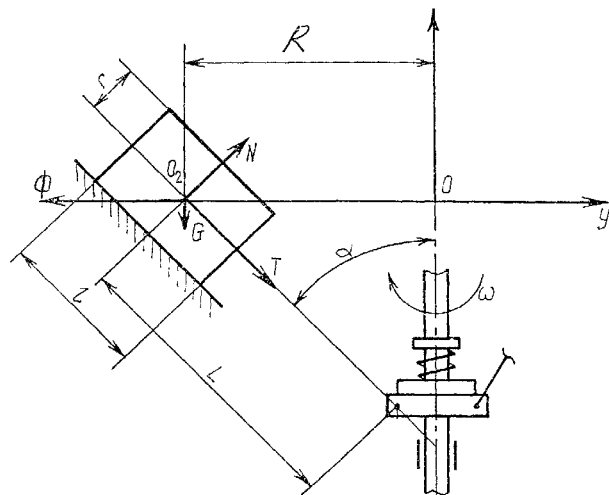


Рис. 3. Схема зусиль, що діють на котки

Для спрощення розрахунків прийемо, що один коток тисне рівномірно на поверхню площею Q , яка дорівнює

$$Q = Sl, \quad (1)$$

де l – довжина котка; S – довжина дуги, обмеженої кутом захоплення котком зерен матеріалу.

Тиск котка на опорну поверхню чаші визначається залежністю

$$N = \Phi \cos \alpha, \quad (2)$$

де Φ – відцентрова сила інерції, що діє на коток; α – кут нахилу осі котка до осі обертання.

Тоді при виконанні нерівності

$$N \geq \sigma_c Q \quad (3)$$

буде забезпечуватись умова розмелювання зерен матеріалу [10].

Тут σ_c – допустиме напруження стиску подрібнюваного матеріалу [12].

Вважатимемо, що при стаціонарному режимі роботи млина кутова швидкість гнучких привідних валів 4 (рис. 3) є величиною постійною, тобто $\omega = const$, то відцентрова сила інерції, що діє на коток, згідно з [11] буде визначатись залежністю

$$\Phi = \pi r^2 l \rho \omega^2 R, \quad (4)$$

де r – радіус котка; ρ – густина матеріалу котка; R – радіус обертання (відстань від осі обертання до центра ваги котка).

Одержана залежність з достатньою точністю дає визначення довжини дуги, яку можна записати у вигляді

$$S = (r + r_1) \sin \gamma, \quad (5)$$

де r_1 – середній радіус зерен розмелюваного матеріалу.

Прийнявши гранично допустиме значення кута $\gamma = 16^\circ 40'$, отримаємо

$$S = 0,2874(r + r_1) \quad (6)$$

Підставивши залежності (1), (2), (4) і (6) у нерівність (3), дістанемо

$$\pi r^2 l \rho \omega^2 \cos \alpha \geq 0,2874 l \sigma_c (r + r_1) \quad (7)$$

Враховуючи, що

$$\sin \gamma = \frac{r - r_1}{r + r_1}, \quad (9)$$

то співвідношення між величинами r та r_1 набуде вигляду

$$r_1 = 0,556r. \quad (10)$$

Провівши відповідні обчислення за формулою (6) з урахуванням співвідношення (10), нерівність (7) запишемо у вигляді

$$\omega \geq 0,111 \sqrt{\frac{\sigma_c}{r R \rho \cos \alpha}}. \quad (11)$$

Одержана залежність (11) дає змогу визначати основну кінематичну характеристику млина – швидкість, як функцію від механічних характеристик подрібнюваного матеріалу та котка, а також геометричних параметрів самого млина.

При відповідному значенні ω зусилля T для привідного вала 4 буде визначатись за формулою

$$T = \frac{0,125 \pi \sigma_c r l t g \alpha}{R}.$$

Інерційні коткові млини з рухомими чашею та котками, які мають гнучкі привідні елементи доцільно використовувати для вибіркового подрібнення зерна круп'яних культур (пшениці, ячменю, кукурудзи) і встроювати в технологічному процесі після луцильного та шліфувального обладнання з попередньо проведеною гідротермічною обробкою, спрямова-

ною на зміцнення ендосперми [8]. Під час подрібнення зерна гранулометричний склад крупи дуже зручно регулювати швидкістю обертання конічної чаші.

Збільшення кутової швидкості при обертанні конічної чаші, а також регулювання її під час подрібнення зерна зумовлює зростання сил інерції на подрібнювані частинки, підвищує швидкість їх руху, тобто скорочує час перебування цих частинок в зоні подрібнення, а значить дозволяє отримувати крупнозернистий продукт. І навпаки, зменшення кутової швидкості чаші дає змогу отримувати дрібнозернистий продукт.

Залежно від подрібнюваного матеріалу та кінцевого продукту, який необхідно отримати (борошно, крупа), поверхні робочих органів – чаші й котків – можуть бути гладкими, шорсткими та рифленими. При цьому чашу можна виготовляти цільнометалевою або збирати з окремих сегментних елементів.

Наведена методика розрахунку інерційних млинів дає змогу визначати їх основні геометричні, кінематичні та динамічні параметри залежно від механічних характеристик робочих органів млина та подрібнюваного матеріалу. При цьому виведені залежності (5), (6), (9) дозволяють значно спростити обрахунок вказаних параметрів.

1. Бутковский В.А. Мукомольное производство. – М., 1990. – 382 с. 2. Бутковский В.А. Технология мукомольного, крупяного и комбикормового производства. – М., 1981. – 256 с. 3. Ванкевич П.І., Дядюх З.Д., Флис І.М., Стець Н.Є. Машины для подрібнення зерна та компонентів комбикормів: Навч. посібник. – Львів, 2001. – 51 с. 4. А. с. № 1729574. Мельница / П.И. Ванкевич, И.В. Кузьо, В.А. Пашистый и др. // Бюл. Изобрет. – 1992. – № 16. – 4 с. 5. Ванкевич П.І. Теплова діагностика вальцьового парку борошномельного підприємства // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль в машинобудуванні і приладобудуванні: Зб. наук. пр. – Львів, 2000. – Вип. 23. – С. 11–19. 6. Демский А.Б. Комплектные зерноперерабатывающие установки. – М., 1978. – 236 с. 7. Егоров Г.А., Мельников Е.М., Максимчук Б.М. Технология муки, крупы и комбикормов. – М., 1984. – 376 с. 8. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. – М., 1991. – 432 с. 9. А. с. № 1736605. Устройство для измельчения материалов / В.А. Пашистый, И.В. Кузьо, И.П. Смерека, П.И. Ванкевич // Бюл. Изобрет. – 1992. – № 20. – 6 с. 10. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко, А.П. Яковлев, В.В. Матвеев; Отв. ред. Г.С. Писаренко. – К., 1988. – 736 с. 11. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – 10-е изд., перераб. и доп. – М., 1986. – 416 с. 12. Справочник по качеству зерна / Под ред. Г.П. Жемелы. – 2-е изд., перераб. и доп. – К., 1983. – 176 с.