IV ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ТА ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 631.36

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА ТА ВИЗНАЧЕННЯ СИЛ ЯКІ ВИНИКАЮТЬ ПРИ ВХОДІ ГОСТРОГО ЛЕЗА В МАТЕРІАЛ

Любін Микола Володимирович *к.т.н., доцент*
Верля Наталія Йосифівна *магістр*
Вінницький національний аграрний університет
Lubin N.
Werle N.
Vinnytsia National Agrarian University

Анотація: у *статті розглядається нова схема подрібнювача зернової продукції, яка покращує процес подрібнення: більш рівномірно подрібнює продукцію, швидко видаляє продукцію із зони подрібнення. У статті проведено теоретичні дослідження робочого процесу подрібнення зернової продукції гострим лезом. Застосування гострого леза для подрібнення зерна в кінцевому результаті дасть змогу зменшити втрати зернової продукції через пилоутворення. Подрібнення різанням дозволяє на порядок знизити швидкості механічної дії на матеріал і зосередити зону руйнування в локальній області ріжучої кромки ножа. При цьому значно знижуються енергетичні витрати на процес подрібнення, матеріал, що подрібнюється, мінімально підлягає механіко-термічним і механіко-хімічним впливам в процесі подрібнення.*

Ключові слова: *подрібнення, дробарка, зернова продукція, лезо.*

Вступ та постановка задачі

У комбікормовій промисловості, для подрібнення сировини найширше застосовують молоткові дробарки [1].

Молоткові дробарки є універсальними машинами, оскільки на них можна подрібнювати всі види сировини. Даними дробаркам притаманні і простота конструкції, компактність, високі швидкості робочих елементів, що обумовило можливість широкого застосування в усіх галузях народного господарства.

Разом з ним молотковим дробаркам властиві недоліки: висока енергоємність, нерівномірність гранулометричного складу отриманого продукту з підвищеним вмістом пилоподібних частинок. Так, наприклад, при подрібнені сухого зерна відбувається часткова втрата готового продукту з пилоподібними фракціями. Іноді ці втрати досягають 50 кілограм з тонни подрібненого зерна [2].

Згідно вимог, що ставляться до всіх подрібнюючих машин [3], а саме: рівномірне подрібнення, швидке видалення подрібненого продукту з робочої зони машини, можливість регулювання ступеня подрібнення, найменше пиловидалення, безперервне і автоматичне розвантаження машини, легка заміна швидкозношуваних деталей машини, найменша питома витрата енергії, нами був розроблений подрібнювач концентрованих кормів (рис. 1).

Подрібнювач складається з корпуса 1, бункера 2, рухомого робочого органу 3, верхньої опори 4, нерухомого робочого органу 5, похилого піддону 6, нижньої опори 7, шатуна 8 і колінчастого валу 9 робочий процес якого протікає таким чином.

Зерно з бункера 2 через верхню опору 4 потрапляє в корпус 1. Подрібнення відбувається при взаємодії рухомого робочого органу 3 і нерухомого робочого органу 5. Рухомий робочий орган 3 здійснює зворотно-поступальний рух щодо верхньої опори 4 і нижньої опори 7, яка перетворює обертальний рух колінчастого валу 9, переданого за допомогою шатуна 8. Частинкиподрібненого продукту по похилому піддону 6 видаляються з подрібнювача.

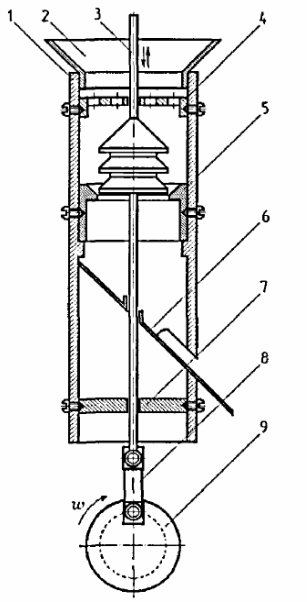

Рис. 1. Схема подрібнювача

1 - корпус; 2 - бункер; 3 - рухомий робочий орган; 4 - верхня опора; 5 - нерухомий робочий орган; 6 - похилий піддон; 7 - нижня опора; 8 - шатун; 9 - колінчастий вал

Зерно з бункера 2 через верхню опору 4 потрапляє в корпус 1. Подрібнення відбувається при взаємодії рухомого робочого органу 3 і нерухомого робочого органу 5. Рухомий робочий орган 3 здійснює зворотно-поступальний рух щодо верхньої опори 4 і нижньої опори 7, яка перетворює обертальний рух колінчастого валу 9, переданого за допомогою шатуна 8. Частинки подрібненого продукту по похилому піддону 6 видаляються з подрібнювача.

Задачею дослідження є визначення силових параметрів в процесі подрібнення зернової продукції гострим лезом.

Викладення основного матеріалу. При заглиблені леза в шар матеріалу товщиною h (рис. 2) на величину $h_{сж}$, коли на його ріжучій кромці виникає руйнуюча контактна напруга $\sigma_р$, починається процес різання [6].

На ніж діють наступні сили:

$P_р$ – опір руйнуванню матеріалу під кромкою леза, направлене вгору;

$P_{об}$ – сила обтискання матеріалом, має горизонтальний напрям і діють на бічні грані леза, (виникають вони від розширення шару матеріалу, викликаного входженням в нього

клину леза);

P_c – опір шару стисненню фаскою леза, направленою вгору.

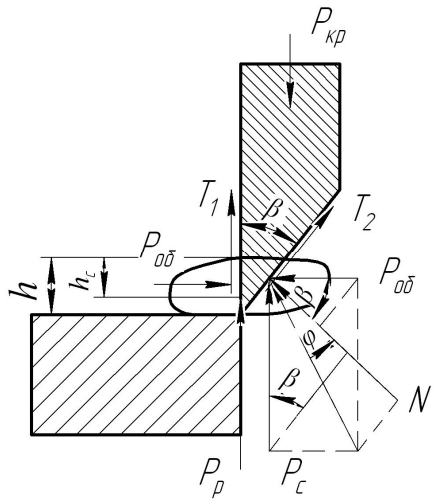

Рис. 2. Силова взаємодія леза з матеріалом

Значить, на фаску леза діє сила N, що є сумою проекцій сил $P_{обж}$ і $P_{сж}$ на напрям нормалі:

$$N = P_c \cdot sin\beta + P_{об} \cdot cos\beta\,. \quad (1)$$

Від нормальної сили N на фасці леза виникає сила тертя:

$$T_2 = N \cdot f, \quad (2)$$

де $f = tg\varphi$ – коефіцієнт тертя маси об матеріал леза;

φ – кут тертя.

Силу N можна виразити через кут тертя:

$$N = \sqrt{P_{об}^2 + P_c^2} \cdot \cos\phi\,, \quad (3)$$

де T_1 – сила тертя виникає на іншій грані леза від сили $P_{об}$

$$T_1 = P_{об} \cdot f. \quad (4)$$

Сила T_1 направлена вгору, а T_2 – під кутом нахилу β фаски.

Вертикальна проекція сили T_2 рівна:

$$T'_2 = T_2 \cdot cos\beta. \quad (5)$$

Підставивши замість N його значення, отримаємо:

$$T'_2 = f(P_c \cdot \frac{1}{2}\sin 2\beta + \mathrm{P_{об}} \cdot \cos^2\beta). \quad (6)$$

У момент початку різання критична сила $P_{кр}$, прикладена до ножа, повинна подолати суму всіх сил, що діють у вертикальному напрямі, т.е.:

$$\mathrm{P_{кр}} \geq \mathrm{P_р} + \mathrm{P_c} + \mathrm{T_1} + \mathrm{T'_2}. \quad (7)$$

Силу $P_р$ можна визначити як добуток площі кромки леза $F_{кр}$ на руйнуючу контактну напругу $\sigma_р$:

$$P_p = F_{кр} \cdot \sigma_p = \delta \cdot \Delta l \cdot \sigma_p\,, \quad (8)$$

де δ – товщина леза, Δl – довжина леза.

Руйнуюча контактна напруга $\sigma_р$ є параметром, властивим даному виду матеріалу, і визначають його експериментально.

Залежність величин сил P_c і $P_{об}$ що входить у вираз від інших параметрів процесу аналітично можна визначити таким чином

$$P_{кр} = P_р + P_c + T_1 + T_2'. \quad (9)$$

Розглянемо дію елементарних сил dP_c і $dP_{об}$ на фаску леза при входженні її в шар маси.

Відносне стискання E_c будь-якого в межах фаски на відстані *X* від вершини леза буде

$$E_c = \frac{h_c}{h}. \quad (10)$$

Приймемо для спрощення завдання, що $E_c = \frac{\sigma}{E}$.

Пропорційність витримується тільки для залежності сили P_c від відносного стиснення E_c. Зростання ж напруги $\sigma = \frac{P_c}{F}$ з збільшенням E_c відстає від зростання сили P_c в наслідок того, що з входженям леза в шар за умови

$$h \prec \frac{b}{tg\beta}, \quad (11)$$

де *b* – товщина ножа.

Площа F_x на яких діє сила P_c росте згідно із законом

$$F_x = \Delta l \cdot h_c \cdot tg\beta. \quad (12)$$

Якщо силу P_c відносити до площі F_x, то залежність між F_c і σ підкоряється не закону пропорційності, а статичному закону, який застосовується для більшості пружно-в'язких матеріалів [6]. В даному випадку завданням є виявлення закономірності зміни P_c залежно від відносного стиснення E_c, як напругу приймаємо відношення P_c до первинної площі. Вказане допущення в нашому випадку зводиться до того, що у виразі статичній залежності $E_c \cdot E = G^n$, ми приймаємо $n=1$, хоча $n \neq l$. Тоді елементарну силу стиснення dP_c що діє з боку стовпчика площею dF, довжиною, рівною 1 і шириною dx, можна представити у вигляді:

$$dP_c = E \cdot E_c \cdot dh_c \cdot tg\beta. \quad (13)$$

Підставивши значення E_c отримаємо:

$$dP_c = E \cdot \frac{h_c}{h} \cdot dh_c \cdot tg\beta. \quad (14)$$

Необхідна сила P_c для стиснення шару фаской ножа знаходиться в квадратичній залежності від величини h_c і графічно є квадратичною параболою [6]. Якщо в горизонтальному напрямі відносна деформація рівна E_l, то елементарна сила обтискання

$$dP_c = E_1 \cdot E \cdot dh_c.$$

Відносну деформацію E_1 в горизонтальному напрямі можна виразити через відносну деформацію у вертикальному напрямі відомою залежністю:

$$E_1 = E_c \cdot \mu, \quad (15)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона.

Для пружно-в'язких матеріалів, трохи ущільнених, і при невеликій напрузі, яка виникає під тиском фаски леза, μ=0,08...0,3 [6].

Деформації в поперечному напрямі тут поглинаються головним чином за рахунок ущільнення матеріалу в шарі. Підставляючи значення E_c з виразу (10) у вираз (15), отримаємо

$$E_1 = \mu \frac{h_{cx}}{h}. \tag{16}$$

Елементарна сила, що діє з боку горизонтального стовпчика

$$dP_{об} = E_1 \cdot E \cdot dh_c = \mu \frac{E}{2} \cdot \frac{h_{cx}^2}{h}. \tag{17}$$

Сила, що обжимає фаску

$$P_{об} = \mu \frac{E}{2} \cdot \int_0^{h_c} h_{cx} \cdot dh_c = \mu \cdot \frac{E}{2} \cdot \frac{h_{cx}^2}{h}. \tag{18}$$

Якщо врахувати, що коефіцієнт Пуассона має малі значення можна сказати, що $P_{об}$ складає незначну частку від величини P_c. Підставляючи значення всіх сил протидіючих $P_{кр}$, набудемо значення останньою для леза довжиною Δl=1:

$$P_{кр} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot tg\beta + \frac{f \cdot \mu \cdot E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} + f \cdot \left(\frac{E \cdot h_c}{4h} \cdot \mathrm{tg}\beta \cdot \sin 2\beta + \frac{\mu \cdot E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot \cos^2 \beta \right),$$

або перетворюючи вираз, матимемо:

$$P_{кр} = \delta \cdot \sigma_p + \frac{E}{2} \cdot \frac{h_c^2}{h} \cdot [tg\beta + f \cdot \sin^2 \beta + \mu \cdot (f + \cos^2 \beta)\,. \tag{19}$$

Даний вираз має деякі похибки, обумовлені прийнятими вище допущеннями лінійного зв'язку $\sigma = f(E_c)$ за умови *n≠1* у виразі (12) значення зусилля повинно визначаться на наступній підставі:

$$dP_c = \sqrt[n]{\frac{E}{h}(h_c - \frac{x}{tg\beta})dx} \tag{20}$$

$$P_c = \int_0^{h_c tg\beta} \left[\frac{E}{h} \left(h_c - \frac{x}{tg\beta} \right) \right]^{\frac{1}{n}} dx \tag{21}$$

$$P_c = \frac{1}{1 + \frac{1}{n}} \left(\frac{E}{h} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot h_c^{1+\frac{1}{n}} \cdot tg\beta \tag{22}$$

Найбільш важливим слідством з виразів (14) і (22) є те, що зусилля P_c знаходиться в складній залежності від h_c тобто - від величини входження леза в матеріал, при якій на його ріжучій кромці виникає руйнуюча напруга σ_p. Функція $P_{сж}=f(h_c)$ при *n=1* відповідно до виразів (12) і (22) являє собою квадратичну параболу, а при *n<1* - параболічну криву вищого порядку.

Література

1. Евсеев М.К. Механизация и электрификация животноводства. — М.:Колос, 1972.

2. Мейлахс И.И. Показатели оптимизации кормоизмельчающих аппаратов. //Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства, 1975, №1, с. 28-29.

3. Кукта Г.М., Губко И.И., Коврига В.В. Методика определения технологических и эксплуатационных показателей машин и оборудования для приготовления кормов. - В кн.: Механизация и электрификация сельского хозяйства. Киев, 1973, с. 43-45

4. Горячкин В.П. Собрание сочинений в 4-х т. М.: Сельхоз, 1940

5. Горячкин В.П. Теория соломорезки и силосорезки. Собран. Сочинений т.3./М.: Колос, 1968 - с.26 - 133.

6. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М., «Машиностроение», 1975, 311с.

References

1. Evseev M.K. Mehanizatsiya i elektrifikatsiya zhivotnovodstva. — M.:Kolos, 1972.

2. Meylahs I.I. Pokazateli optimizatsii kormoizmelchayushih apparatov. //Mehanizatsiya i elektrifikatsiya sotsialisticheskogo selskogo hozyaystva, 1975, #1, s. 28-29.

3. Kukta G.M., Gubko I.I., Kovriga V.V. Metodika opredeleniya tehnologicheskih i ekspluatatsionnyih pokazateley mashin i oborudovaniya dlya prigotovleniya kormov. - V kn.: Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva. Kiev, 1973, s. 43-45

4. Goryachkin V.P. Sobranie sochineniy v 4-h t. M.: Selhoz, 1940

5. Goryachkin V.P. Teoriya solomorezki i silosorezki. Sobran. Sochineniy t.Z./M.: Kolos, 1968 - s.26 - 133.

6. Reznik N.E. Teoriya rezaniya lezviem i osnovyi rascheta rezhuschih apparatov. M., «Mashinostroenie», 1975, 311s.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА И ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ КОТОРЫЕ ВОЗНИКАЮТ ПРИ ВХОДЕ ОСТРОГО ЛЕЗВИЯ В МАТЕРИАЛ

Аннотация: *в статье рассматривается новая схема измельчителя зерновой продукции, которая улучшает процесс измельчения: более равномерно измельчает продукцию, бистро удалять продукцию из зоны измельчения, уменьшает удельные энергозатраты на единицу продукции.*

В статье проведены теоретические исследования рабочего процесса измельчения зерновой продукции острым лезвием. Использования острой кромки, как элемента взаимодействия на продукцию уменьшает энергозатраты, а так же потери зерновой продукции через пылеобразования.

Ключевые слова: *измельчение, дробилка, зерновая продукция, лезвие.*

RESEARCH OF WORKING PROCESS OF GROWING OF GRAIN AND DETERMINATION OF FORCES SHALLOW WHICH ARISE UP AT INCLUDED OF FINE EDGE IN MATERIAL

Summari: *the new chart of grinding down of corn products which improves the process of grinding down is examined in the article: more evenly grinds down products, to delete products a bistro from the area of grinding down, diminishes specific energy expenses on unit of products.*

In the article theoretical researches of working process of grinding down of corn products are conducted sharp blades. Use of sharp edge, as element of co-operation on products diminishes energy expenses, and similarly losses of corn products through dust formation.

Keywords: *grinding mill, grain products, blade.*