

УДК 621.3

П.С. Коруняк, В.М. Боровець*

Львівський державний аграрний університет,
кафедра механіки, переробки і зберігання продукції
*Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автоматизації та комплексної механізації машинобудівної промисловості

ДИНАМІКА ДРОБАРКИ З ПРУЖНИМ РОТОРОМ

© Коруняк П.С., Боровець В.М., 2002

Для дослідження роботи нових схем дробарок ефективнішим є використання математичних моделей. Методом числового експерименту визначений ступінь впливу параметрів машини і властивостей подрібнювального матеріалу на робочий процес і гранулометричний склад готового продукту. Запропоновані аналітичні залежності можна використовувати для розрахунку пружного кріплення бил роторних дробарок в проектно – конструкторських роботах.

For study of operation of the new schemas of crushers more effective is usage of mathematical models. The method of numerical experiment determines an extent of influencing of arguments of the ambulance and properties of a crushing material on a working process and grain composition of a finished stock. The proposed analytical dependences can be utilized for accounts of a flexible mounting flapped of rotary crushers in design efforts.

Вивчення сучасного стану виробництва засобів ударного подрібнення зернових культур та аналіз дробку провідних вчених в цій галузі дозволяє зробити висновок, що і надалі актуальним залишиться створення нових та вдосконалення існуючих конструкцій подрібнювальних машин.

Як було зазначено в роботі [1], найефективнішим способом створення передумов реалізації нових схем в реальні конструкції, оптимізації параметрів існуючих конструкцій, вибору ефективних режимів їх роботи залежно від властивостей матеріалу, що подрібнюється, та технологічних умов до кінцевого продукту, є побудова математичних моделей роботи цих машин з подальшою розробкою пакетів прикладних програм для ЕОМ, що їх реалізують. Використовуючи метод числового експерименту, можна розв'язувати задачі, які пов'язані з аналізом і підвищенням ефективності роботи подрібнювальних машин ударного типу різноманітних конструкцій.

Роторна дробарка з пружним кріпленням бил (рис. 1) – одна з нових схем, яка нами досліджується. Відмінність кріплення била наближує її до відомої схеми молоткової дробарки [2, 3], математична модель (1) якої побудована на підставі рівнянь Лагранжа другого роду, набуває вигляду

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{\psi} \cdot I_{en} + \sum_{i=1}^2 \ddot{s}_i N_{9i} + 2\ddot{\psi} \sum_{i=1}^2 \dot{s}_i N_{10i} = c_{my\phi} \cdot (\beta - i_m \psi) - \\ - m_{\partial} \varepsilon \left[g \sin \psi + \frac{1}{2} \psi^2 f_{ni\partial} \cdot d_{ni\partial} \operatorname{sign}(\dot{\psi}) \right] - m_{\partial} g \sum_{i=1}^2 l_{8i} \quad ; \\ \ddot{\psi} \cdot N_{9i} + \ddot{s}_i m_m + \dot{\psi}^2 (l_{8i} N_{8i} - l_{7i} N_{7i}) = m_{\partial} g \sin \psi - c_m s_i; \quad i = 1, 2 \quad ; \\ I_{\partial\partial} \cdot \ddot{\beta} = M_{\partial\partial}(\beta) - c_{my\phi} \cdot (\beta - i_m \psi) \quad ; \end{array} \right. \quad (1)$$

де

$$I_{\text{вн}} = I_{\text{с}} + 2I_{\text{м}} + m_{\text{м}} \sum_{i=1}^2 (l_{5i}^2 + l_{8i}^2) + m_{\text{о}} \varepsilon^2.$$

За допомогою цієї моделі (1) методом числового експерименту можна дослідити вплив параметрів подрібнювальної машини з пружним кріпленням бил на:

– амплітуду відносного відхилення бил $s_i^{\text{екстр}}$;

– екстремальні значення різниці кутових швидкостей ротора двигуна і роторного вала машини $(\dot{\beta} - \dot{\psi})$ та відносну швидкість бил \dot{s}_i під час розгону, встановленого руху та гальмування;

– нижню частоту коливань бил;

– середню потужність, що використовує машина під час роботи.

Крім того, володіючи таким математичним апаратом, можна не тільки досліджувати роботу машин даного типу, але і, вносячи конструктивні зміни в її елементи, робити висновки щодо їх раціональності.

Так, аналізуючи роботу дробарок відомих конструкцій, а також робочий процес подрібнення і гранулометричний склад готового продукту, встановили, що неабияку роль у цьому має вплив зазору між кінцем робочого елемента (молотка, била) і внутрішньою поверхнею робочої камери. З огляду на це, була запропонована конструкція пружного кріплення била (рис. 2), яка дозволяє змінювати цей параметр залежно від пружних властивостей підвісу, способу кріплення до ротора (на віддалі ексцентриситету e) і режиму роботи обладнання (частоти обертання).

Розглянемо динаміку модернізованого робочого органу (рис. 2) [4]. Під час обертання ротора під дією сил інерції, кінець била відхиляється на величину s , тоді відстань між ним і внутрішньою поверхнею робочої камери зменшиться на величину Δ , яке буде дорівнювати

$$\Delta = \sqrt{l^2 + (e_o + s)^2} - \sqrt{l^2 + e_o^2} = \frac{s^2 + 2e_o s}{2\sqrt{l^2 + e_o^2}}, \quad (2)$$

де l – робоча довжина пружного підвісу била; e_o – ексцентриситет.

Для визначення s розглянемо рівняння згину плоскої пружини залежно від сили інерції F

$$F = m\omega^2 \sqrt{l^2 + (e_o + s)^2}. \quad (3)$$

де m – маса била; ω – кутова швидкість ротора.

Згинальний момент у довільному перерізі пружини визначається за формулою

$$M(x) = m\omega^2 (e_o + s)(1-x) - m\omega^2 l(s-y). \quad (4)$$

Підставимо цей вираз у диференціальне рівняння зігнутої осі балки (плоскої пружини)

$$EIy'' = M(x). \quad (5)$$

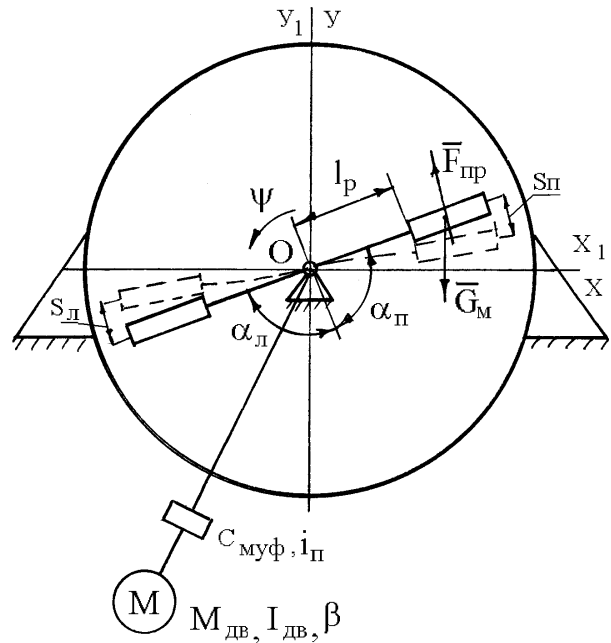


Рис. 1. Принципова схема роторної подрібнювальної машини з пружним кріпленням бил

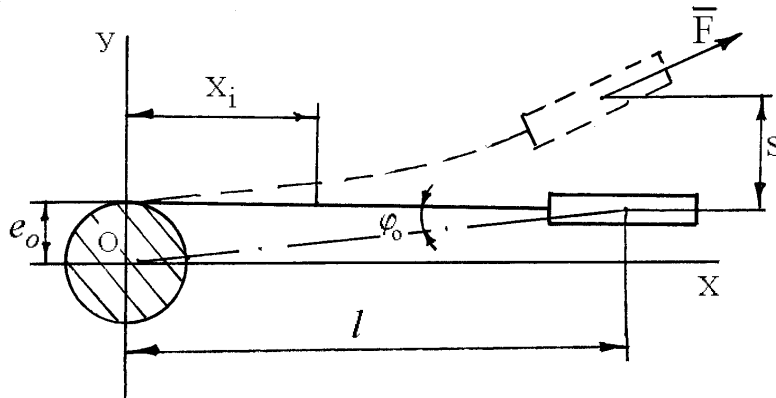


Рис. 2. Розрахункова схема пружного кріплення бил

Розв'язок цього рівняння має вигляд

$$y = Ach(kx) + Bsh(kx) + s - (e_o + s)(1 - x)/l, \quad (6)$$

де $k = \frac{m\omega^2 l}{EI}$.

Постійні A і B знаходимо з граничних умов: для $x=0$; $y=0$; $y'=0$

$$0 = A - e_o; \rightarrow A = e_o;$$

$$y' = Ach(kx) + Bsh(kx) + (e_o + s)/l, \quad (7)$$

$$0 = Bk + (e_o + s)/l; \rightarrow B = -(e_o + s)/(kl).$$

Отже,

$$y = e_o ch(kx) - \frac{e_o + s}{kl} sh(kx) + s - \frac{e_o + s}{l}(l - x). \quad (8)$$

Для того, щоб знайти максимальний прогин пружини s , необхідно підставити в (8) $x=l$, $y=s$ і тоді матимемо

$$s = e_o \frac{klch(kl) - sh(kl)}{sh(kl)}. \quad (9)$$

Після цього за формулою (2) можна обчислити зазор Δ при заданій частоті обертання ротора ω , ексцентриситеті e_o та відомих розмірів пружинного підвісу била.

Отже, проводячи дослідження, за допомогою математичної моделі можна оптимізувати конструктивні параметри дробарки, її робочого органу і режим роботи для досягнення готового продукту бажаної якості.

1. Коруняк П.С., Боровець В.М. Підстави модернізації устаткування для ударного подрібнення зерна // Автоматизація виробничих процесів в машинобудуванні і приладобудуванні: Український міжвід. темат. наук.-техн. зб. – Львів, 2000. – Вип. 35. – С. 69–72.

2. Семерак Ф., Коруняк П., Модель роботи молоткової дробарки // Вісн. Львівського державного аграрного університету. – 2000. – № 4. – С. 158–164. 3. Семкович О., Коруняк П. Теорія і розрахунок впливу сили опору робочого середовища на рух молотка дробарки // Вісн. Львівського державного аграрного університету. – 2001. – № 5. – С. 166–170. 4. Коруняк П. Аналіз роботи віброударної подрібнювальної машини з пружним підвісом молотків // Вісн. ДУ “Львівська політехніка”. – 1998. – № 321. – С. 42–44.