

УДК 631.173

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТКІВ КОРМОДРОБАРОК

Курашкін О.С., бакалавр,
Науковий керівник: Скляр Р.В., к.т.н.,
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна

Останнім часом у сільськогосподарському виробництві і комбикормовій промисловості широко використовують молоткові подрібнювачі (дробарки) та створені на їх базі комбіновані установки [1-3]. Вони різняться широкою універсальністю, відносною простотою конструкції та обслуговування, надійністю і довговічністю експлуатації. З аналізу літературних джерел [3-5] ми бачимо, що якість роботи дробарки та її довговічність значно залежать від конструкції молотків та їх правильного монтажу. Молотки кріплять на барабані за допомогою шарнірів. Дуже важливо розмістити вісь підвісу молотка так, щоб реакція в шарнірі була мінімальною або зовсім зникла.

Для з'ясування умов динамічної рівноваги розглянемо співвідношення сил і моментів, що діють на молоток у момент удару. Молоток подрібнювальної машини показано у вигляді прямокутної пластини на рисунку 1, а. [6]

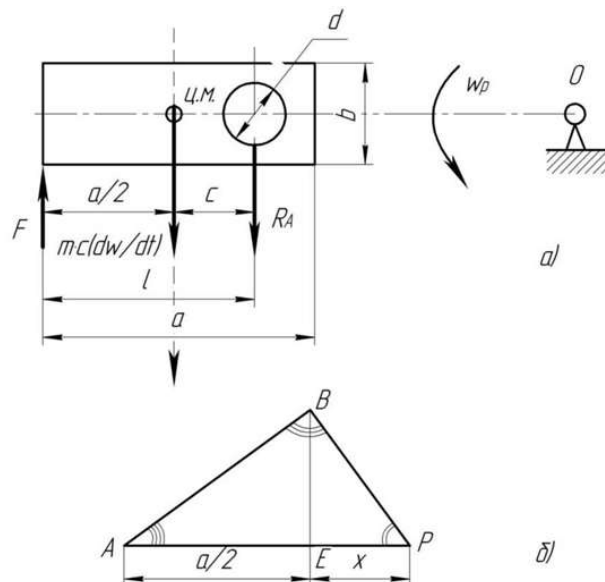


Рис. 1. Розрахункові схеми для:

a - визначення осі підвісу молотка; *б* - розташування осей симетрії молотка

При обертанні барабана молотки співударяються зусиллям F із матеріалом, що подрібнюється. Сила F прикладено по дотичній до крайньої торцевої площини молотка. У точці A осі шарніра виникає

реакція R_A , спрямована в бік, протилежний напрямку дії сили F . Під дією цієї ж сили F молоток обертається навколо осі підвісу з кутовим прискоренням, що дорівнює dw/dt . У результаті цього виникає момент сили інерції молотка відносно осі підвісу.

Складемо рівняння рівноваги молотка масою m під дією всіх сил відносно осі підвісу: [6]

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n F_Y = F - m \cdot c \frac{dw}{dt} - R_A = 0; \\ \sum_{i=1}^n M_A = I \cdot \frac{dw}{dt} - F \cdot l = 0. \end{cases} \quad (1)$$

З першого рівняння системи (1) визначимо силу удару F і підставимо її у друге рівняння системи, розв'язавши яке, отримаємо вираз для визначення реакції R_A :

$$R_A = \frac{dw}{dt} \left(\frac{I}{l} - m \cdot c \right), \quad (2)$$

де l – відстань від точки осі підвісу до кінця молотка, m ; I – полярний момент інерції молотка відносно осі підвісу, визначається за формулою:

$$I = m \cdot \rho^2, \quad (3)$$

де ρ – радіус інерції молотка відносно осі підвісу (шарніра).

У рівняння (2) підставимо залежність (3) і знайдемо, що реакція R_A може дорівнювати нулю, коли:

$$\rho^2 = l \cdot c, \quad (4)$$

де c – відстань від центра мас молотка до осі підвісу.

У загальному випадку момент інерції молотка можна записати:

$$I = I_0 + m \cdot c^2 = m \cdot r_o^2 + m \cdot c^2, \quad (5)$$

де I_0 – полярний момент інерції молотка, що проходить через центр мас.

Для молотка, прийнятого у вигляді прямокутної пластини (рис. 1, а) довжиною a і шириною b (нехтуючи площею, що займає отвір), запишемо радіус інерції r_o відносно центра мас: [6]

$$\rho_o^2 = \frac{a^2 + b^2}{12}, \quad (6)$$

Прирівняємо залежності (3) і (5), враховуючи (4) і (6). Визначимо радіус інерції молотка відносно осі підвісу (при паралельному перенесенні осей):

$$\rho^2 = \rho_o^2 + c^2, \text{ або } \frac{a^2 + b^2}{12} + c^2 = c \cdot l. \quad (7)$$

Якщо удар припаде на кінець молотка, то

$$l = \frac{a}{2} + c. \quad (8)$$

Підставивши (8) у (7), отримаємо:

$$c = \frac{a^2 + b^2}{6a}. \quad (9)$$

Величина c визначає пошукове мінімальне значення місця розташування осі підвісу молотка.

Маючи розміри молотка подрібнювача, вісь підвісу молотка можна визначити також із геометричної побудови (рис. 1, б). Точка P - місце розташування осі підвісу молотка.

Відстань від осі підвісу до центра ваги молотка, який має прямокутну форму і два отвори (рис. 2), визначаємо за виразом: [6]

$$c = \frac{A}{2} + \sqrt{\frac{A^2}{4} + B}, \quad (10)$$

де

$$A = \frac{a^2 \cdot b}{\pi \cdot d^2} - \frac{a}{2}; \quad B = \frac{a \cdot b (a^2 + b^2)}{6\pi \cdot d^2} + \frac{d^2}{8},$$

d – діаметр отвору під палець ($d=0,0205$ м).

При налагодженні та експлуатації дробарок необхідно домагатися, щоб уся рухома система шарнірно підвішених молотків була зрівноваженою [5,6]. Тоді ударні імпульси не будуть передаватися від молотків через палець і диски на підшипник валу ротора, що запобігає виникненню вібрації дробарки і передчасному виходу з ладу підшипникових вузлів.

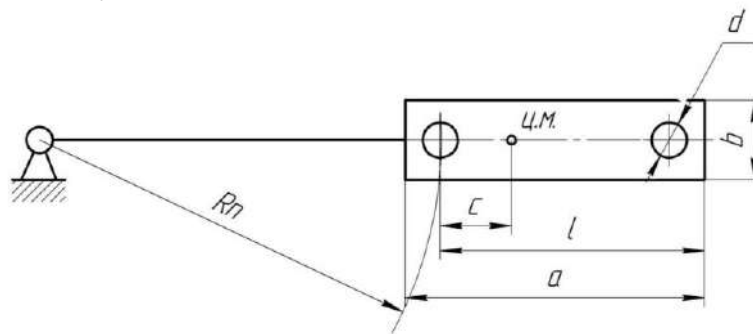


Рис. 2. Схема до розрахунку молотків з двома отворами

Молотки, «зрівноважені на удар», задовольняють умову (4): [6]

$$r^2 = c \cdot l.$$

Для забезпечення стійкого руху молотка необхідно підібрати відповідну довжину молотка a (рис. 1, а) і радіус його встановлення.

Для їх визначення рекомендують такі співвідношення:

- радіус підвісу молотка, м,

$$R_n = 0,346 D;$$

- відстань від точки осі підвісу молотка до кінця молотка, м,

$$l = 0,154 D;$$

- довжина молотка, м,

$$a \approx 1,5 l;$$

- ширина молотка, м,

$$b \approx 0,1D.$$

Кількість молотків, шт., визначають за формулою: [6]

$$Z_M = \frac{L - \Delta L}{\delta + S} \cdot K_z, \quad (11)$$

де ΔL – сумарна товщина дисків, які не перекриваються молотками, м; K_z – кількість молотків, що йдуть по одному сліду, $K_z=1\dots 6$; δ – товщина молотків, $\delta = 0,002$ м; $0,004$ м; $0,01$ м; S – відстань між молотками, м.

Частоту обертання ротора (кінематичний режим) n , об/хв, визначають за знайденим значенням швидкості молотків V_M , м/с, і діаметра барабана D . Тобто:

$$V_M = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}, \quad (12)$$

Тоді

$$n = \frac{60V_M}{\pi \cdot D}. \quad (13)$$

Проведені дослідження умов динамічної рівноваги співвідношення сил і моментів, що діють на молоток у момент удару, дають змогу визначити основні конструктивні параметри молотків. Необхідно прагнути, щоб простір подрібнювальної камери якнайбільше було перекрито молотками, а порядок розміщення їх не порушував умов статичної й динамічної зрівноваженості барабана. Усі отримані розміри уточнюють після розрахунку деталей барабана на міцність.

Список літератури.

1. Скляр О.Г., Скляр Р.В. Методологія оптимізації ресурсовикористання у тваринництві. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь, 2011. Вип. 11. Т.5, С. 245-251.

2. Грушецький С.М., Скляр Р.В. Авторське свідоцтво «Машини і обладнання та їх використання у тваринництві»: текст лекцій. Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2016. 475 с.

3. Механізовані технології в виробництві сільськогосподарської продукції: посібник-практикум для виконання лабораторних робіт/ О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, Н.І. Болтянська, Б.В. Болтянський, С.В. Дереза, С.М. Григоренко. Мелітополь: Люкс, 2019. 303 с.

4. Болтянська Н.І. Дослідження довговічності та безвідмовності підсистем молоткових дробарок в процесі їх експлуатації. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь. Вип. 15. Т.3, 2015. С. 296-302.

5. Болтянська Н.І. Підвищення безвідмовності підсистем молоткових дробарок в процесі їх експлуатації. *Вісник Харківського національного університету с. г. ім. П. Василенка*: Наукове фахове видання. Вип.156. Харків: 2015. С. 636-640.

6. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник / Р.В. Скляр, О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська, Д.О. Мілько, Б.В. Болтянський. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.