

УДК 664.734.2:303.725.23

© 2006

*Бойко А.І., доктор технічних наук, Національний аграрний університет, м. Київ,
Савченко В.М., аспірант*, Державний агроекологічний університет, м. Житомир*

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СПРАЦЮВАННЯ МОНОМЕТАЛІЧНИХ СЕРІЙНИХ МОЛОТКІВ КОРМОДРОБАРОК

Постановка проблеми. Молоткові робочі органи в результаті взаємодії із зерною масою зношуються, суттєво змінюються їх геометричні параметри – форма та розміри. Прямокутні робочі грані молотка заокруглюються. Форма спрацьованих молотків призводить до значного впливу на величину радіальних зазорів між робочими поверхнями дек та молотків, змінює ступінь подрібнення та рівномірність розмірів частинок кормів. Недовговічність серійних молотків веде до значних збитків, пов'язаних із перестановкою молотків та їх заміною [1,2].

Запропоноване аналітичне дослідження спрацювання однорідних монометалічних молотків кормодробарок. Визначений радіус спрацювання грані робочої поверхні серійного молоткового робочого органу.

Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Пошук раціональної схеми зміцнення має наукову і практичну цінність для підвищення довговічності молотків. Відомо, що молотки кормодобавок, що серійно випускаються, які виготовлені з однорідного матеріалу без зміцнення спрацьовуються нерівномірно [3]. Периферійна частина молотка, що максимально віддалена від центру обертання ротора, зазнає руйнування в більшій мірі [4].

Аналіз геометричних параметрів, що набувають молотки в процесі їх спрацювання, показують, що з часом експлуатації, по закінченню початкового періоду, пов'язаного з припрацюванням молотків, може бути описане встановленими геометричними образами [3].

Мета досліджень та методика їх проведення. Постає необхідність у встановленні геометричних параметрів спрацювання молотків кормодробарок, для подальшого обґрунтування локального зміцнення ділянок робочої поверхні таким чином, щоб у процесі спрацювання вона формувалася, як найбільш роботоздатна для подрібнення зерна.

Результати дослідження. Схема спрацювання монометалевих однорідних молотків подана на рис.1. У полярній системі координат, що є більш зручною для подальшого аналізу, рівняння профілю спрацювання описується параболою відповідно до схеми, поданої на рис.1, і має вигляд:

$$\rho = \frac{P}{1 + \cos \xi} \quad (1),$$

де P – параметр параболи;

ξ – кут нахилу полярного радіуса параболи.

Геометрична інтерпретація параметру P представлена на рис. 1.1. Від його значення залежить положення фокуса (точки F) параболи. Виходячи з цього й виконується подальша побудова. Таким чином, варіюючи параметром P, завжди є можливість вибору кривої, що найкращим чином окреслює профіль поверхні спрацювання робочої поверхні молотка.

При цьому площа елементарної площадки робочої поверхні визначається рівнянням

$$dS = \frac{P}{1 + \cos \xi} d\xi \cdot r \cdot d\psi.$$

На елементарну площадку діє потік зерна, що обумовлює спрацювання матеріалу молотка. Кількість зернин, що потрапляють на площину за деякий час Δt , залежить від щільності зернової маси q_3 та відносної швидкості V і дорівнює

$$N_1 = \frac{P}{1 + \cos \xi} \cdot d\xi \cdot r d\psi \cdot q_3 \cdot V \cdot \Delta t.$$

* Керівник – доктор технічних наук Бойко А.І.

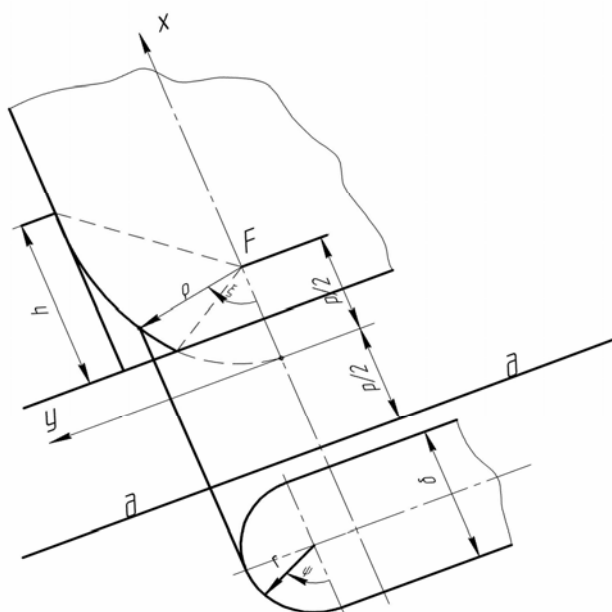


Рис. 1. Схема спрацювання серійних монометалевих однорідних молотків

Таким чином, на елементарну площину, що належить поверхні молотка, діє потік зернової маси загальною кількістю зернин рівною N , що викликає спрацювання (втрату маси) та зміщення профілю вглиб деталі. Схематично це показано на рис. 2.

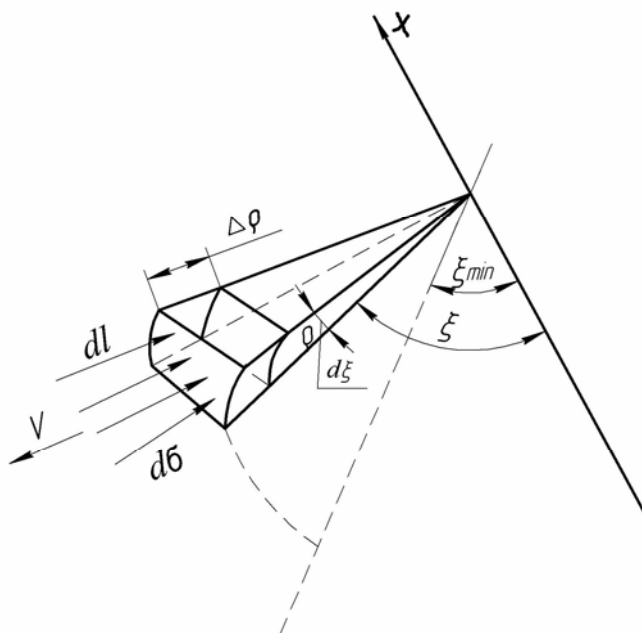


Рис. 2. Схема спрацювання елементарної площини робочій поверхні молотка

Контактна задача взаємодії молотка з потоком зернового матеріалу, що подрібнюється, полягає в тому, що з однієї сторони діє потік частинок, утворюючи ударні імпульси, а з іншої – протидіє та піддає спрацюванню матеріал молотка.

Необхідно зазначити, що елементарна площадка молотка, в залежності від розглядуваного її положення на робочій поверхні, може бути по-різному орієнтована у просторі. Від її орієнтації залежить і

кількість частинок, що контактують із нею, і рівна

$$N = N_1 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \psi ,$$

$$\text{або } N = \frac{\rho \cdot q_3}{1 + \cos \xi} \cdot d\xi \cdot r d\psi \cdot V \cdot \Delta t \cdot \sin \alpha \cdot \cos \psi$$

У загальному випадку кут атаки α (падіння) зернини залежить від кута повороту молотка на осі кріплення θ , обумовленого опором зернової маси, що подрібнюється, та кривизною спрацьованого профілю молотка. Геометрична побудова для визначення кута атаки зображена на рис. 3.

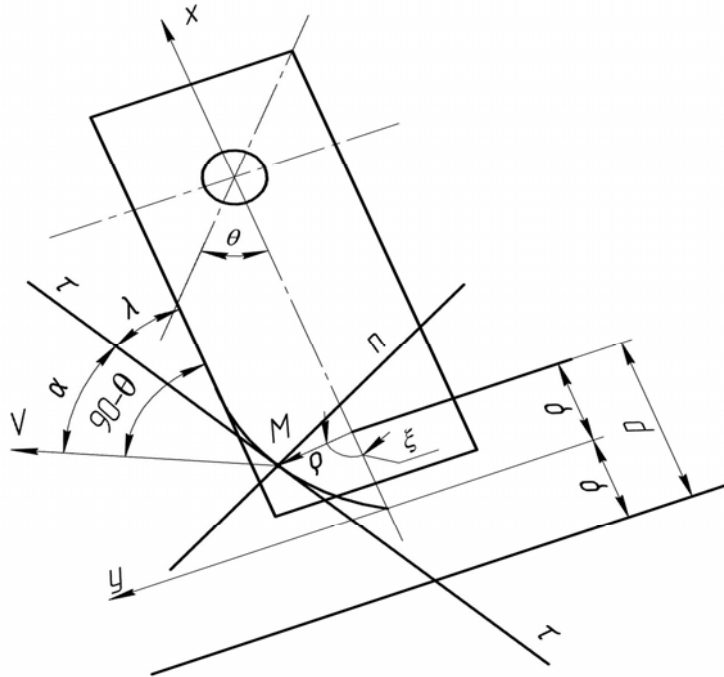


Рис. 3. Схема для визначення кута атаки поверхні молотка зерниною

У даному випадку, у відповідності до побудови, кут атаки визначається наступною залежністю:

$$\alpha = 90 - \Theta - \chi \quad (2).$$

Коефіцієнт при незалежній змінній χ визначає тангенс кута нахилу дотичної. Тоді кут χ буде рівний

$$\chi = \arctg \frac{P}{\rho \cdot \sin \xi}.$$

Підставляючи в рівняння (2) отримане значення кута, маємо:

$$\alpha = 90 - \Theta - \arctg \frac{P}{\rho \cdot \sin \xi}.$$

Для кількості зернин, діючих на елементарну площадку за певний проміжок часу Δt , запишемо

$$N = \frac{Pq_3}{1 + \cos \xi} d\xi \cdot r \cdot d\psi \cdot V \cdot \Delta t \cdot \cos(\Theta + \arctg \frac{P}{\rho \cdot \sin \xi}) \cdot \cos \psi .$$

Елементарним силовим навантаженням, що прикладається до елементарної робочої поверхні, є імпульс сили, що дорівнює зміні кількості руху зернини. Враховуючи, що швидкість удару зернини рівна V , а також припускаючи, що зернини після удару отримують швидкість молотка, можемо записати

$$S = F * \tau = mV ,$$

де F – ударна сила;

τ – час удару;

m – маса зерна.

За деякий проміжок часу Δt кількість їх ударів по елементарній площині складає N . Тоді силове навантаження на молоток буде рівним добутку величини імпульсу на їх кількість. Ця умова і визначає силову взаємодію зернин з робочою поверхнею інструменту.

Спрацювання молотка відбувається під дією потоку зернин, що взаємодіють з робочою поверхнею. Використовуючи рівняння спрацювання (1), процес втрати маси, а відповідно, й геометричних параметрів молотка при контактній взаємодії та руйнуванні зерна, можна записати в наступному вигляді:

$$dM = q_M \cdot d\rho = m \cdot V^2 \cdot q_3 \cdot k \cdot \cos(\Theta - \arctg \frac{P}{\rho \sin \xi}) \cdot \cos \psi \cdot dt \quad (3).$$

Ще одною з величин, що належить рівнянню і суттєво впливає на інтенсивність спрацювання, є швидкість співудару V . Для молоткового роторного робочого органу вона не є величиною постійною і залежить від положення елементарної площини на поверхні молотка, тобто

$$V = f(\rho, \xi)$$

Для визначення цієї залежності побудована графічна схема, подана на рис.4

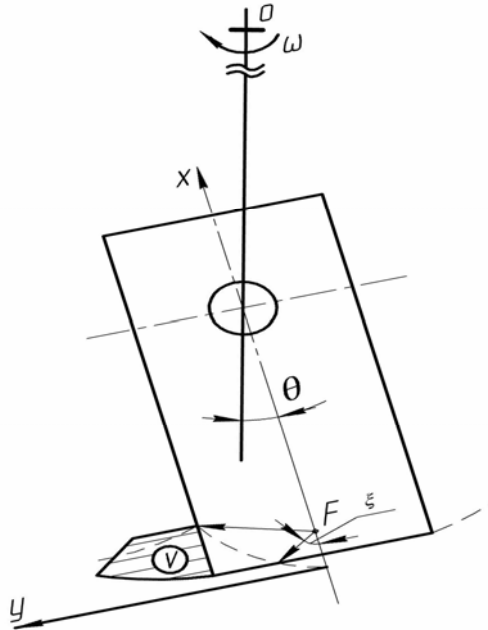


Рис. 4. Схема для визначення зміни швидкості удару

Якщо вважати, що в зоні дії молотків подрібнюючого ротору гальмівний ефект стінок камери подрібнення незначний, то можна вважати, що лінійна швидкість ударної поверхні молотка змінюється лінійно від центра до периферії. Підставивши значення проекції швидкості полярного радіуса ρ на вісь X, отримаємо

$$V = \omega \cdot (R_F + \frac{P}{1 + \cos \xi} \cdot \cos \xi),$$

де R_F – радіус обертання точки F (фокуса) навколо центра ротора O;

ω – кутова швидкість обертання ротора.

Тоді рівняння спрацювання (3) після підстановки значення швидкості удару набуває вигляду

$$dM = q_M \cdot d\rho = m \omega^2 \cdot (R_F + \frac{P \cdot \cos \xi}{1 + \cos \xi})^2 \cdot k \cdot q_3 \cdot \cos(\Theta - \arctg \frac{P}{\rho \cdot \sin \xi}) \cdot \cos \psi dt.$$

Аналітичне вирішення отриманого диференціального рівняння відносно невідомого ρ не є можливим. Рівняння може бути вирішене числовими методами та з використанням ЕОМ. Однак для аналізу викликає інтерес розгляд випадку, коли поверхня молотка максимально навантажена, тобто має після припрацювання на початковій стадії спрацювання. При цьому поверхня не встигла розвернутися таким чином, щоб кути атаки були якомога менші, а відповідно, знизилась би й інтенсивність спрацювання робочої поверхні. Такий випадок можливий тоді, коли $\chi \rightarrow 0$, тобто

$$\arctg \frac{P}{\rho \sin \xi} \rightarrow 0,$$

а кут атаки визначається рівністю

$$\alpha = 90 - \Theta.$$

Щільність маси q_3 можна прийняти в межах товщини шару, що обертається в камері подрібнення, і вважати величиною постійною

$$q_3 = \text{const}.$$

Це, перш за все, обумовлене фізико-механічними властивостями самого зерна, котре не може бути досить ущільненим під дією ваги та центробіжної сили, а також має порівняно невелику товщину шару.

Для аналітичного дослідження рівняння спрацювання поверхні після перетворень набуде наступного вигляду:

$$q_M \cdot \frac{d\rho}{R_F + \rho \cdot \cos \xi} = \frac{m \cdot \omega^2}{q_M} \cdot k \cdot q_3 \cdot \cos \Theta \cdot \cos \psi dt.$$

Після рішення інтегралу в лівій частині рівняння та певних перетворень, в більш зручному для аналізу вигляді маємо

$$\rho = R_F + P - \frac{q_m}{m \cdot \omega^2 \cdot k \cdot q_3 \cdot \cos \Theta \cos \psi \cdot t}.$$

Тобто, отримуємо рівняння яке визначає величину полярного радіуса, що входить в опис профілю молотків при їх зношуванні

Висновки. 1. Аналіз спрацювання монометалевих однорідних молотків показує, що при інших рівних умовах інтенсивність спрацювання суттєво залежить від лінійної швидкості переміщення елементарної площини робочого профілю молотка відносно маси, що руйнується. Саме величина цієї швидкості визначає величину імпульсного удару та швидкісні параметри спрацювання при контактному навантаженні поверхні тертя.

2. Маючи деякі значення напрацювання молотка за певний час t при відомих параметрах, що входять до складу рівняння спрацювання, ми можемо розрахувати величину полярного радіуса, що описує профіль робочої поверхні молотка.

3. Перспективи досліджень. Перспективою подальших досліджень є обґрунтування локального зміцнення ділянок робочої поверхні таким чином, щоб у процесі спрацювання вона формувалась як найбільш роботоздатна для подрібнення зерна.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Кальбус Г.Л., Моисеев А.А. Исследование эксплуатационной надежности дробилок кормов // Исследование и конструирование машин и оборудования для животноводства. – К.: ВНИИживмаш.– 1975. – Вып.1. – С. 171-176.
2. Клименко М.І., Журавель В.Ф., Тимановський О.В. Вплив товщини молотків на процес подрібнення в кормодробарках // Механізація і електрифікація с.г. – К.: Урожай. – 1974. –Вип. 30 – С. 97-100.
3. Роговский Л.Л., Сокол А.Н., Остапенко Г.И.

Оценка параметров, влияющих на износ молотков дробилок // Совершенствование процессов и рабочих органов с.-х. машин, организация и технология ремонта сельхозмашин. – К.: УСХА, 1982. – С. 104-107.

4. Пилипенко А.Н., Клименко Н.Н, Тимановский А.В. и др. Устранение неравномерности износа молотков кормодробилок // Механизация и электрификация соц. сельского хозяйства. – 1977. – №9. – С. 10-12.