

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР «ІМЕСГ» НААН**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***VI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
112-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
члена-кореспондента ВАСГНІЛ,
віце-президента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***21-22 лютого 2019 року
м. Київ***

УДК 631.362.5

**ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ РОЗВИТКУ ПОДРІБНЮВАЛЬНИХ
МАШИН УДАРНОЇ ДІЇ**

П. С. КОРУНЯК, кандидат технічних наук, доцент,
С. А. БЕРЕЗОВЕЦЬКПІЙ, кандидат технічних наук, в.о.доцента,
О. Г. БЕРЕЗОВЕЦЬКА, аспірант*,
Львівський національний аграрний університет
E-mail: siko@email.ua

На сьогодні відомо багато конструкцій подрібнювальних машин, що базуються в своїй роботі на різних фізичних явищах. Серед них найбільш поширеними є машини ударної дії. З метою підвищення ефективності роботи роторних і молоткових подрібнювальних машин (рис.1. *а, б*) зниження витрати

енергії на подрібнення одиниці ваги чи об'єму продукту, покращання його якості доцільним є розробка нових принципових схем машин, в яких би були використані одночасно два фізичні явища удар і вібрація (рис.1. *в, е*).

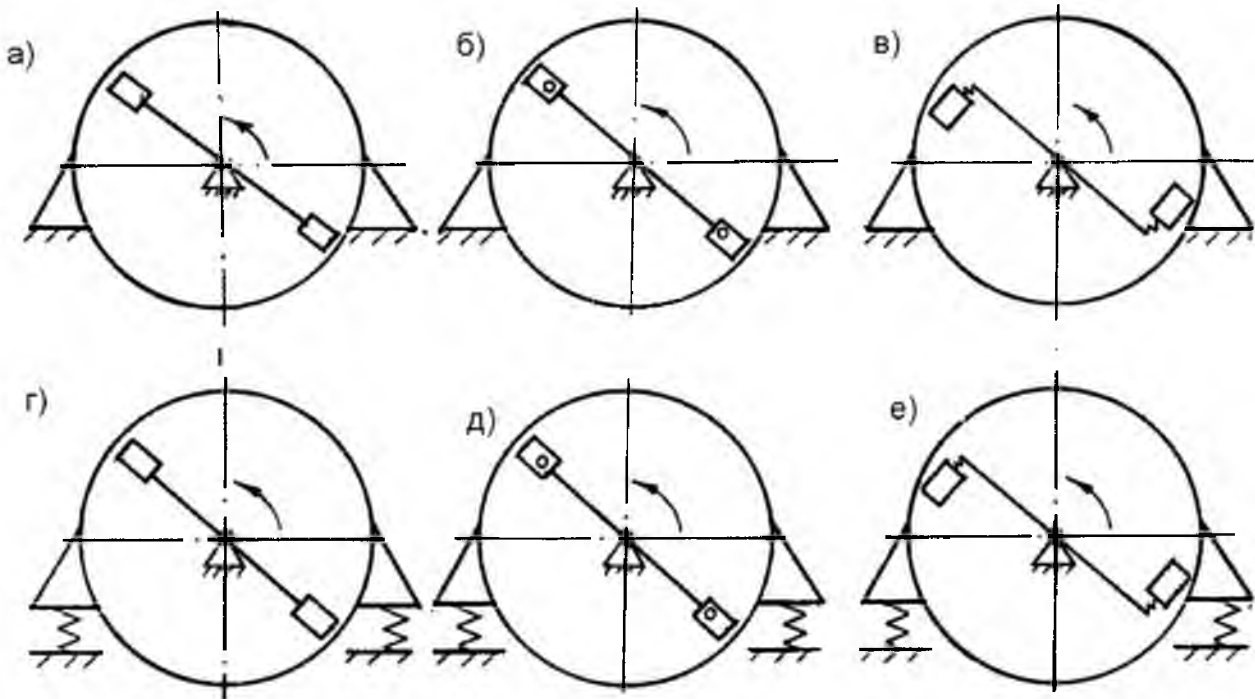


Рис.1. Принципові схеми подрібнювальних машин ударної дії:

- а* – роторна дробарка з жорстким кріпленням бил на жорсткій основі;
- б* – молоткова дробарка на жорсткій основі; *в* – роторна дробарка з пружним кріпленням бил на жорсткій основі; *г* – роторна дробарка з жорстким кріпленням бил на пружній основі; *д* – молоткова дробарка на пружній основі;
- е* – роторна дробарка з пружним кріпленням бил на пружній основі

Роторні дробарки, що виконані за класичною схемою, це подрібнювальні машини в яких корпус та біла жорстко закріплені на несучій рамі і робочому роторі відповідно (рис.1. *а*).

Для об'єднання удару з вібрацією пропонуються схеми роторних дробарок з пружним кріпленням бил на робочому роторі (рис.1. *е*) і схеми з пружним кріпленням корпуса (рис.1. *г, е*).

Молоткові дробарки, що виконані за класичною схемою, це подрібнювальні машини в яких корпус закріплюється жорстко на несучій (рис.1. *б*), а молотки шарнірно до робочого ротора. Для об'єднання удару з вібрацією пропонується схема молоткової дробарки з пружним кріпленням корпуса до несучої рами (рис.1. *д*).

Таким чином, відомі схеми роторної і молоткової дробарок доповнюються чотирма новими схемами, в яких удар об'єднаний з вібрацією.

Для всіх запропонованих схем на роторі машини встановлюється інерційний віброзбудник (дебаланс). В такому випадку класифікацію засобів

подрібнення необхідно доповнити чотирма новими схемами, а фрагмент – “дробарки ударної дії” набуває вигляду, який показаний на рис. 2.



Рис. 2. Класифікація дробарок ударної дії

Для дослідження роботи кожної з вищезазначених схем використовувалась узагальнена розрахункова схема подрібнювальної машини з шарнірним підвісом молотків і жорстким та пружним кріпленням бил (рис.3).

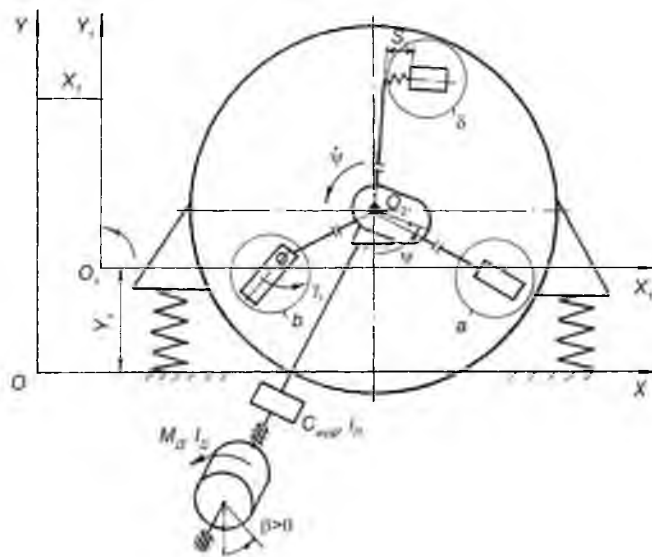


Рис. 3. Узагальнена розрахункова схема подрібнювальної машини ударної дії: *a* – жорстке кріплення била; *b* – пружне кріплення била; *c* – шарнірний підвіс молотків

Математична модель роботи подрібнювальної машини будувалася на підставі рівнянь Лагранжа II роду (1) і загально прийнятих припущеннях для дослідження механіки машин.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_s} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_s} = Q_s, \quad (1)$$

де: T – кінетична енергія інерційних елементів машини; Q_s – узагальнені сили; q_s, \dot{q}_s – узагальнені координати та їх швидкості.

За узагальнені координати було взято:

- x_1, y_1, ϕ – координати рухомої системи (рис.3);
- ψ, β – відповідно кут повороту ротора машини з дебалансом і кут повороту ротора двигуна;
- $\gamma_1 \dots \gamma_n, s_1 \dots s_n$ – відповідно кути повороту молотків у шарнірному їх підвісі і переміщення пружно закріплених бил.

Оскільки структура систем диференційних рівнянь і самих рівнянь є однаковою, то була запропонована узагальнена математична модель, з якої можна легко одержати математичні моделі кожної із шести схем.

Коефіцієнти A_{ij} лівих частин системи рівнянь (2) є функціями інерційних і геометричних параметрів машини. Коефіцієнти B_j правих частин цих рівнянь є функціями сил в пружних опорах і в пружному кріпленні бил та моментів привідного двигуна, моментів опору ППШ і тертя в шарнірах молотків.

$$\begin{bmatrix} A_{11} & 0 & A_{13} & \dots & 0 \\ 0 & A_{22} & A_{23} & \dots & 0 \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} & \dots & 0 \\ A_{41} & A_{42} & A_{43} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & [A_n] & [0]^T \\ 0 & 0 & 0 & [0] & A_{n+5} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{x} \\ \ddot{y} \\ \ddot{\phi} \\ \psi \\ \beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_x \\ B_y \\ B_\phi \\ B_\psi \\ B_\beta \end{bmatrix} \quad (2)$$

де

$$A_{ij} = A_{ij}(t, \dot{x}_1, \dot{y}_1, \dot{\phi}, \dot{\psi}, \dot{\gamma}_1, \dots, \dot{\gamma}_n, \dot{\beta}, x_1, y_1, \phi, \psi, \gamma_1, \dots, \gamma_n, \beta),$$

$$B_j = B_j(t, \dot{x}_1, \dot{y}_1, \dot{\phi}, \dot{\psi}, \dot{\gamma}_1, \dots, \dot{\gamma}_n, \dot{\beta}, x_1, y_1, \phi, \psi, \gamma_1, \dots, \gamma_n, \beta)$$

Під час аналізу роботи роторної дробарки відомої схеми (рис.1, схема а) в узагальненій принциповій схемі (рис.3) зупиняються на кріпленні бил згідно з варіантом “а” і вважають великою жорсткість пружних опор корпусу, а в узагальненій моделі (2) отримують лише два рівняння з коефіцієнтами та змінними, що взяті в рамку без заштрихованої зони. Аналізуючи роботу відомої схеми молоткової дробарки (рис. 1, схема б), в узагальненій принциповій схемі (рис.3) зупиняються на кріпленні молотків згідно з варіантом “б” і вважають великою жорсткість пружних опор корпусу, а в узагальненій моделі (2) отримують лише рівняння з коефіцієнтами та змінними, що взяті в рамку разом з заштрихованою зоною, в якій невідомими функціями є γ_i .

Загальна кількість рівнянь математичної моделі роботи молоткової дробарки в цьому випадку буде дорівнювати $2+n$, де n – кількість рядів молотків, які встановлені на робочому роторі машини.

Під час аналізу роботи роторної дробарки з пружним кріпленням бил (рис.1, схема *в*) в узагальненій принциповій схемі (рис.3) зупиняються на кріпленні бил за варіантом “*с*”, а в узагальненій моделі, як в попередньому випадку, отримують $2+n$ рівняння, в яких невідомі функції γ_i замінюють на s_i з відповідними коефіцієнтами. Розглядаючи роботу роторної дробарки з пружним кріпленням корпусу (рис. 1, схема *г*), в узагальненій принциповій схемі приймають “*а*” варіант кріплення бил, а в математичній моделі отримують всі рівняння без заштрихованої зони.

Аналізуючи роботу роторних дробарок з пружним кріпленням бил (рис.1, схема *д*) і молоткових дробарок (рис.1, схема *е*) з пружно закріпленим корпусом в узагальненій принциповій схемі приймають варіант “*с*” або “*в*”, а в математичній моделі отримують всі рівняння. Рівняння заштрихованої зони для першого випадку мають невідомі функції s_i , а для другого – γ_i .

В рівняння входить багато основних параметрів машини (маси та моменти інерції основних елементів машини, їх геометрія, сили пружності опор та моменти тертя в кінематичних парах, механічна характеристика привідного двигуна та інші), а також основні механічні властивості подрібнювального матеріалу то використовуючи побудовану математичну модель можна не тільки зробити висновки про те, яка з конструкцій краща, але й оптимізувати значення основних параметрів машини вибраної конструкції.