**III. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА**

Бандура В. М.

Павленко В. С.

*Вінницький
державний
аграрний
університет*

Приятельчук В. О.

*Вінницький
національний
технічний
університет*

УДК 664.71(075.8)

**АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ
ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА У
ВАЛЬЦЬОВИХ ВЕРСТАТАХ З
ОБЕРТОВИМ ТА
КОЛИВАЛЬНИМ РУХОМ**

В работе предложен новый способ измельчения материалов в вальцовых станках, который состоит в том, что рабочим поверхностям исполнительных органов машины одновременно с вращательным задают колебательное движение вдоль геометрических осей вальцов.

The new method of materials grating in lathe is given. This method is based on the simultaneous working surface and moving details work. It gives the opportunity for vibration along geometrical axes.

Одним з важливих технологічних завдань, якими опікується переробна промисловість, є процес подрібнення зернових продуктів. Вони за своєю структурою є неоднорідні і відрізняються фізичними, хімічними і біологічними властивостями. Тому процес подрібнення зернових продуктів є складним і багатofакторним, а для його здійснення розроблена значна кількість різноманітних машин, серед яких чільне місце займають вальцові верстати [1, 2].

У вальцових верстатах матеріал, що подрібнюють, потрапляє поміж вальцями, рис.1, де за умови, що

$$f > \operatorname{tg} \varphi \quad (1)$$

де f – коефіцієнт тертя, φ – кут, що відповідає на ширині зони розмелення (робочої зони), точка M зернини проходить шлях $OO_1 = l$, рис.2.

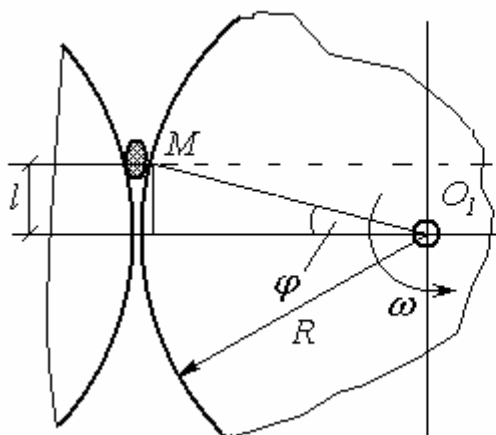


Рис. 1

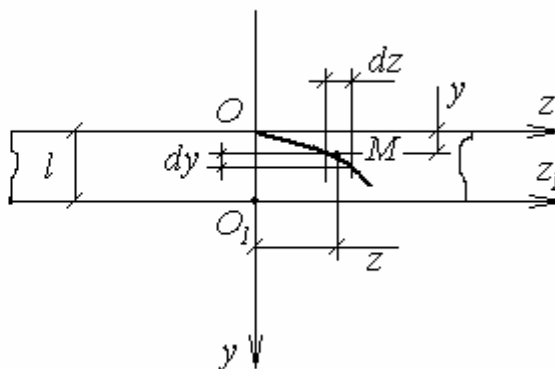
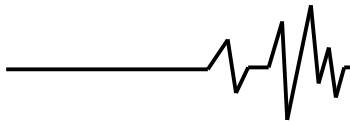


Рис. 2



Напрямок цього руху перпендикулярний до осі обертання робочого вальця O_1z_1 , що вкажемо віссю Oy . Рух у напрямку осі Oy є першим ступенем вільності. Він відбувається із швидкістю $V_y = \omega R$, де ω – кутова швидкість обертання вальця, R – радіус вальця. Швидкість V_y є сталою величиною, тому координата y буде мати вигляд:

$$y = V_y t = \omega R t \quad (2)$$

де t – поточний параметр часу.

У розвиток конструкцій вальцьових верстатів нами запропонований новий спосіб подрібнення матеріалів у вальцьових верстатах [3], який полягає у тому, що робочим поверхням вальців одночасно з обертаним рухом задають осцилюючого (коливального) руху повздовж геометричних осей вальців, а також презентований вальцьовий верстат [4], що реалізує вказаний спосіб.

Надамо робочому вальцю коливального руху повздовж осі O_1z_1 згідно закону:

$$z = H \sin(kt) \quad (3)$$

що будемо вважати другим ступенем вільності, де H – амплітуда осьових коливань робочої поверхні вальця, k – циклічна частота вказаних коливань. Тоді точка M розмеленої зернини, буде виконувати рух в межах робочої зони за певною траєкторією, яку розглянемо в системі координат uOz , що показано на рис. 2. Параметричні залежності (2) і (3) дають можливість встановити траєкторію руху точки M .

Знайдемо елементи дуги траєкторії точки M dy і dz під час її руху в робочій зоні.

$$\begin{aligned} dy &= \omega R dt \\ dz &= Hk \cos(kt) dt. \end{aligned}$$

Тоді довжину елемента дуги dL траєкторії визначимо:

$$dL = \sqrt{(dy)^2 + (dz)^2}$$

Довжину лінії, по якій рухається точка M за кінцевий проміжок часу визначимо інтегралом:

$$L = \int_0^t \sqrt{(\omega R)^2 + [Hk \cos(kt)]^2} dt \quad (4)$$

Значення циклічної частоти k визначимо з умови, що період коливань повинен відповідати часу руху точки M на шляху $OO_1=l$.

$$T = \frac{l}{\omega R} = \frac{2\pi}{k}, \quad \text{звідки } k = 2\pi \frac{\omega R}{l} \quad (5)$$

Ширину робочої зони знайдемо з умови (1):

$$l = R \sin \varphi = \frac{Rf}{\sqrt{1+f^2}} \quad (6)$$

Значення величини φ , R і f приймемо такими, що відповідають даним з технічної документації працюючого обладнання [1, 2]. При заданих $f = 0,4$, $\omega = 16 \text{ c}^{-1}$, $R = 100 \text{ мм}$ і вибраному довільно $H=l$ за параметричними формулами (2) і (3) будемо за допомогою ПЕОМ в програмі EXCEL траєкторію точки M в робочій зоні. На рис. 3 зображено траєкторію, що є синусоїдою з циклічною частотою k , амплітудою H .

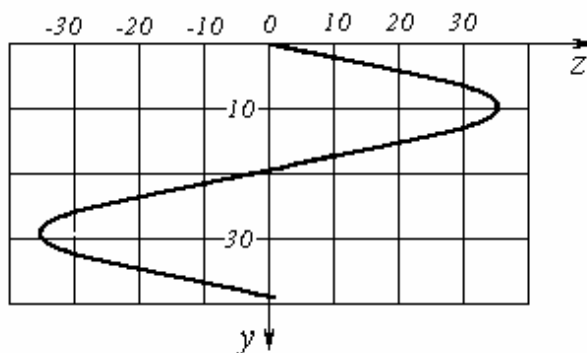


Рис.3

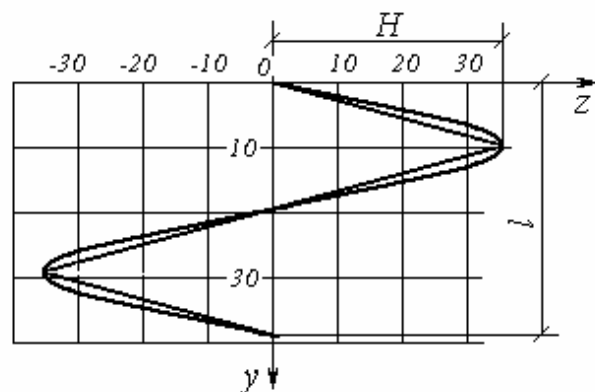
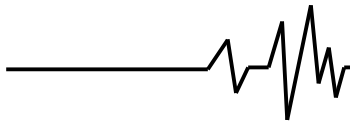


Рис.4

Довжина лінії L не може бути знайдена в елементарному вигляді, оскільки інтеграл (4) є еліптичним [5], який знаходять будь-яким із

числових методів. Точність з якою буде визначена довжина траєкторії залежить від кроку інтегрування та часу, який ми затратимо



при використанні комп'ютера. Проте в пропонуваній роботі автори не ставлять за мету одержання точних числових результатів, а намагаються лише провести аналіз найбільш суттєвих факторів, які впливають на процес подрібнення зерна. Тому довжину шляху, який пройде точка M у робочій зоні знайдемо за спрощеним методом. Він полягає у тому, що траєкторію, яка зображена на рис.3, представимо у вигляді ломаної лінії, де дуга синусоїди замінена прямолінійними відрізками, що показано на рис. 4. В такому випадку довжину шляху L знаходимо формулою:

$$L = \sqrt{l^2 + (4H)^2} \quad (7)$$

Похибка з якою буде знайдена довжина шляху L за цією формулою складе близько 8%, причому в сторону заниження, в порівнянні з точною, що буде розрахована інтегралом (4). Це дає можливість встановити, що друга ступінь вільності суттєво впливає на довжину шляху в робочій зоні. Якщо прийняти,

що $H = l$, то відношення $L/l = \sqrt{17}$, а при $H = 2l$; $L/l = \sqrt{65}$.

У припущенні, що інтенсивність процесу подрібнення матеріалу пропорційна шляху, який проходить точка M у робочій зоні, застосування другого ступеня вільності підвищує продуктивність на порядок у порівнянні з вальцьовими верстатами із традиційним способом подрібнення. При цьому виникає потреба у теоретичному дослідженні,

яке б розкривало суть динаміки процесу подрібнення матеріалу зерна і методиці визначення оптимального шляху, який повинна пройти точка M у робочій зоні для досягнення продуктом потрібної якості. Важливим також є питання вибору та оптимізації величин R , α , H і k , що остаточно може бути встановлено у результаті проведення експериментів.

У разі підтвердження результатів запропонованого кінематичного аналізу експериментальними дослідженнями, можна буде створювати конструкції вальцьових верстатів, які будуть реалізовувати новий спосіб подрібнення матеріалів з осциляціями вальців, що дасть значний економічний ефект.

Література

1. Мерко І.Т., Моргун В.О. Наукові основи і технологія переробки зерна. – Одеса: Друк., 2001.– 342 с.
2. Бутковский В.А. Мукомольное производство. – М.: Агропромиздат, 1990.– 381 с.
3. Павленко В.С., Бандура В.М., Павленко М.В. Спосіб подрібнення матеріалів у вальцьових верстатах: Патент на корисну модель №20249, Бюл. №1, 15.01.2007.
4. Павленко В.С., Бандура В.М., Павленко М.В. Вальцьовий верстат: Патент на корисну модель №20251, Бюл. №1, 15.01.2007.
5. Прудников А.П., Брычков Ю.А., Маликов О.И. Интегралы и ряды. – М., Наука, главная ред. физ.-мат. литературы. 1981., – 800 с.