

УДК 648.

## АНАЛІЗ ПЕРЕХІДНИХ ТА СТАЛИХ КОЛИВАНЬ БАРАБАННОЇ МАШИНИ В ПРОЦЕСІ ВІДЖИМАННЯ

О.Ю. Воляник

*Київський національний університет технологій та дизайну*

І.В. Петко, доктор технічних наук, професор

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: барабанні машини, кінетична енергія, коливання, інерція, центрифуги.

В багатьох галузях промисловості успішно використовуються барабанні машини та центрифуги різних типів. Однією з невирішених проблем є боротьба з надлишковими коливаннями, що виникають у барабанних машинах під час віджимання білизни, що призводять до швидкого зношування агрегатів і зменшення їх терміну робочої придатності.

Для аналізу причин виникнення такого стану нами було прийнято рішення аналітично дослідити перехідні та сталі коливання у барабанних машинах на прикладі процесу віджимання автоматичної пральної машини.

Одним з основних факторів, що впливають на збільшення кутових коливань підвісної частини при динамічній невірноваженості прального барабана, є величина поздовжнього зміщення центру мас виробів, що віджимаються відносно центральної поперечної площини підвісної частини.

Було проведено аналіз плоско паралельного руху у вертикальній площині, паралельній лицьовій і задній стінкам корпусу пральної машини.

Інерційними елементами коливальної системи машини є корпус, бак, барабан з білизною і водою, шків пасової передачі, двигун зі шківом і муфтою.

Бак пральної підвішений до корпусу на двох пружинах. Крім того, корпус і бак мають кінематичний зв'язок через демпфери. Пружини і демпфери розглядаються як без інерційні ланки системи (реакція, що розвивається ними визначається вхідними координатами, а для демпферів - також швидкостями в поточний момент часу на вході).

Для виведення рівнянь руху динамічної системи машини скористаємося рівняннями Лагранжа другого роду. Повна кінетична енергія  $T$  системи складається з енергій її ланок 1, 2, 3, 4 і білизни (а):

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_a \quad (1)$$

Згідно з теоремою Кеніга [1] кінетична енергія твердого тіла, що рухається плоскопаралельно, дорівнює сумі кінетичних енергій його центра мас та обертального руху відносно центра мас. Таким чином, для аналізу стану необхідно отримати аналітичні вирази для швидкостей центрів мас ланок, тобто

$$V_{O_1}, V_{O_2}, V_{O_3}, V_{O_4}, V_{O_a}$$

в функції узагальнених швидкостей та координат [2].

Виразивши кінетичну енергію через узагальнені координати і швидкості, за допомогою рівнянь Лагранжа другого роду отримуємо шість рівнянь проскопаралельного руху системи. Ці рівняння можуть бути представлені в матричному вигляді

$$A\ddot{X}=B, \quad (2)$$

де  $A$  – квадратна матриця розміром  $6 \times 6$ ,

$$\ddot{X} = [\ddot{z}_{o_1} \quad \ddot{\phi}_1 \quad \ddot{y}_{o_2} \quad \ddot{z}_{o_2} \quad \ddot{\phi}_2 \quad \ddot{\phi}_3]^T$$

( $T$  – операція транспонування),

$B$  – матриця-стовпчик.

Момент сил  $M_b$ , що діє на барабан, обумовлений витокком води через отвори на циліндричній поверхні барабана в першому наближенні можна визначити як результат дії коріолісових сил інерції при переносному обертальному і поступальному відносному русі рідини [3]. Виділяючи нескінченно малий елемент радіуса, товщини, центрального кута і довжини твірної циліндра барабану, визначимо силу інерції цього елемента при обертанні з кутовою швидкістю  $\omega_3 = \dot{\phi}_3$ .

$$dF_o = -\omega_3^2 \rho^2 \gamma_1 l dr d\alpha, \quad (3)$$

Інтегрування рівнянь руху виконується у других похідних, доді отримуємо рівняння:

$$\ddot{X} = A^{-1}B, \quad (4)$$

де  $A^{-1}$  – обернена матриця.

Інтегрування отриманої диференційних рівнянь, які описують плоскі коливання корпусу і баку, здійснювалося нами на ЕОМ з використанням MATLAB.

В результаті проведеного нами аналізу було отримано основні параметри для розробки математичної моделі процесу віджимання в пральних машинах.

#### Список використаних джерел

1. Бухгольц Н.Н. Основной курс теоретической механики. Часть вторая. – М.: Наука, – 1966. – 332 с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода. – М.: Энергоатомиздат. – 1985. – 560 с.
3. Антонюк Е.Я., Орчинский С.В. Петко И.В. Динамическая модель для исследования переходных и установившихся колебаний барабанной машины с упругой подвеской. К.: Вісник КНУТД №3, 2005 – с. 19-25
4. Петко І.В., Бурмістенков О.П., Біла Т.Я., Скиба М.Є. Електропобутова техніка – Хмельницький: ХНУ – 2017. – 213 с.