

УДК 621.5

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ ТІЛ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОВІТРЯНИХ СТРУМЕНІВ*

Т. Г. ЛУКАНІНА

Київський національний університет технологій та дизайну

Отримано рівняння руху та формула для визначення швидкості тіла при застосуванні для його транспортування повітряних струменів. Дано порівняльний аналіз експериментальних та розрахункових даних швидкості переміщення тіла в залежності від конструктивних параметрів пневмотранспортної системи. Визначена залежність швидкості руху тіла від часу його перебування під дією повітряних струменів

У теперішній час виникає гостра необхідність створення в легкій та харчовій промисловості конкурентноздатних товарів, які будуть користуватись попитом на внутрішньому та зовнішньому ринку.

У зв'язку з цим, слід особливу увагу приділити не лише якості продукції, а й її зовнішньому вигляду. Для розв'язання цієї задачі пропонується розглянути можливість транспортування тіл, які мають підвищену адгезійність та ламкість, за допомогою повітряних струменів.

Об'єкти та методи дослідження

У роботі /1/ було показано, що дану проблему можливо розглянути за допомогою напрямлених повітряних струменів, які витікають з множини отворів у несучій пластині, під яку подається стисле повітря (рис.1), завдяки чому утворюється рухомий повітряний прошарок, який забезпечує безконтактне транспортування виробів. Це вдається завдяки тому, що канали – отвори для виходу стислого повітря розташовуються під нахилом у напрямку переміщення виробів. У той же час крайні подовжні ряди отворів нахилені у напрямку, що є перпендикулярним до напрямку транспортування. Ці ряди отворів виконують функцію загороджувальних стінок, які зберігають подовжньо орієнтоване положення виробу у процесі транспортування.

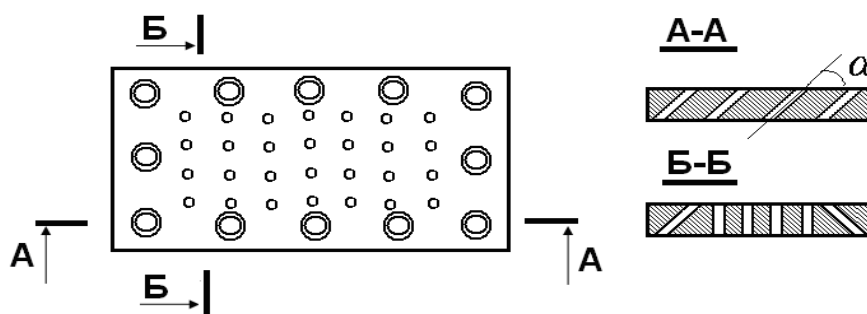


Рис. 1. Несуча пластина з отворами

* Луканіна Т. Г. Визначення тиску в повітряному прошарку при безконтактному транспортуванні тіл. Вісник Хмельницького національного університету, – 2006. – №4. – с.54–57.

Слід відмітити, що змінюючи розташування отворів, їх діаметр та кут нахилу, а також силу тиску під пластиною, можна задавати різні режими транспортування виробів, змінюючи їх швидкість та час переміщення.

Постановка завдання

Мета досліджень полягає у визначенні зв'язку між параметрами транспортуючої системи та швидкістю і часом переміщення виробів.

Результати та їх обговорення

При горизонтальному розташуванні несучої поверхні пневматичного пристрою на виріб діють сили тиску, що обумовлено швидкісним натиском повітряного потоку, що набігає на тіло - P_{Σ} ; сила супутнього тертя $F_{тер}$, яка спричинена взаємодією повітряних струменів та поверхні виробу; сила лобового або аеродинамічного опору руху виробу у напрямку, протилежному напрямку переміщення, - F_c .

Таким чином вихідне рівняння має такий вигляд

$$m\ddot{x} = P_{\Sigma} + F_{тер} - F_c. \quad (1)$$

Розглянемо окремо кожен з цих сил. З [1] відомо, що

$$P_{\Sigma} = f_0 P_0 (1 - 0,408 h^*) \cos \alpha,$$

де f_0 – площа перетину отвору; P_0 – швидкісний тиск повітря на виході з отвору; h^* – відносна товщина повітряного прошарку, яка визначається таким чином

$$h^* = \frac{h}{5d_0},$$

де h – товщина прошарку між виробом і пластиною з отворами; d_0 – діаметр отвору в пластині.

Внаслідок того, що несуча пластина має множинну отворів, припустимо, що під виробом, який переміщується, знаходиться стала кількість отворів, тобто в момент припинення дії на виріб одних струменів у дію вступають інші, отже, в будь-який момент на виріб діє однакова кількість струменів n , і сила тиску від дії цих струменів буде визначатися за таким виразом:

$$P_{\Sigma n} = f_0 P_0 (1 - 0,408 h^*) n \cos \alpha. \quad (2)$$

Сила тертя повітряного потоку об нижню поверхню тіла, що транспортується, якби тягне його у напрямку витоку повітря і збільшує швидкість переміщення. Для n струменів сила тертя визначається таким чином:

$$F_{тер} = 0,5c_f S \rho v^2 n, \quad (3)$$

де c_f – коефіцієнт гідродинамічного тертя; ρ – можлива густина повітря; v – швидкість повітря в прошарку під виробом; S – площа опорної поверхні тіла, яка дорівнює

$$S = b \times l,$$

причому b і l відповідно ширина і довжина виробу

Сила аеродинамічного опору F_c пропорційна відносній швидкості виробу, а саме:

$$F_c = 0,5 c_g S \rho x'^2, \quad (4)$$

де c_g – коефіцієнт супротиву, x' – швидкість переміщення виробу.

Тоді, враховуючи (1,2,3,4),

$$m x'' = f_0 P_0 (1 - 0,408 h^*) n \cos \alpha + 0,5 c_f S \rho v^2 n - 0,5 c_g S \rho x'^2. \quad (5)$$

Будемо вважати, що тіло рухається з гарантованим, сталим прошарком $h = const.$

Тоді

$$x'' + a_2 x'^2 - c = 0, \quad (6)$$

де

$$a_2 = 0,5 \frac{c_g S \rho}{m},$$

$$c = \frac{f_0 P_0 (1 - 0,408 h^*) n \cos \alpha}{m} + 0,5 c_f S \rho \frac{v^2}{m} n. \quad (7)$$

Отримане рівняння є нелінійним диференціальним рівнянням другого порядку. Розв'язання цього рівняння дає можливість визначити швидкість переміщення виробу та рівняння його руху, а саме:

$$x' = \frac{c}{\sqrt{a_2 c}} \operatorname{th} \sqrt{a_2 c} t \quad (8)$$

та

$$x = \frac{1}{a_2} \ln \operatorname{ch} \sqrt{a_2 c} t. \quad (9)$$

Таким чином, характер зміни швидкості виробу описує рівняння (8), що дозволяє зробити наступний висновок – швидкість збільшується до деякої величини, яка асимптотично наближається до

$\frac{c}{\sqrt{a_2 c}}$, а потім її збільшення настільки незначне, що його можна не враховувати і вважати швидкість

сталю.

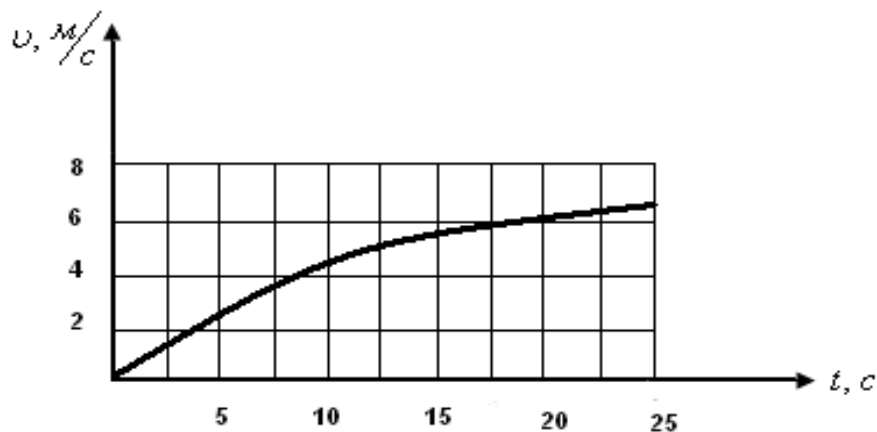
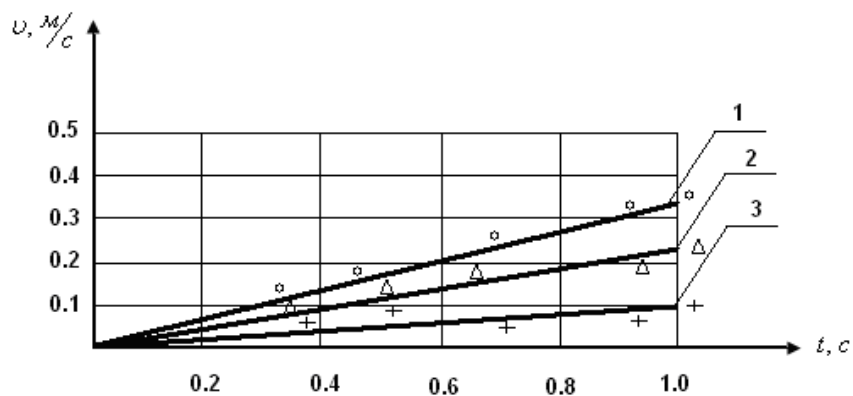
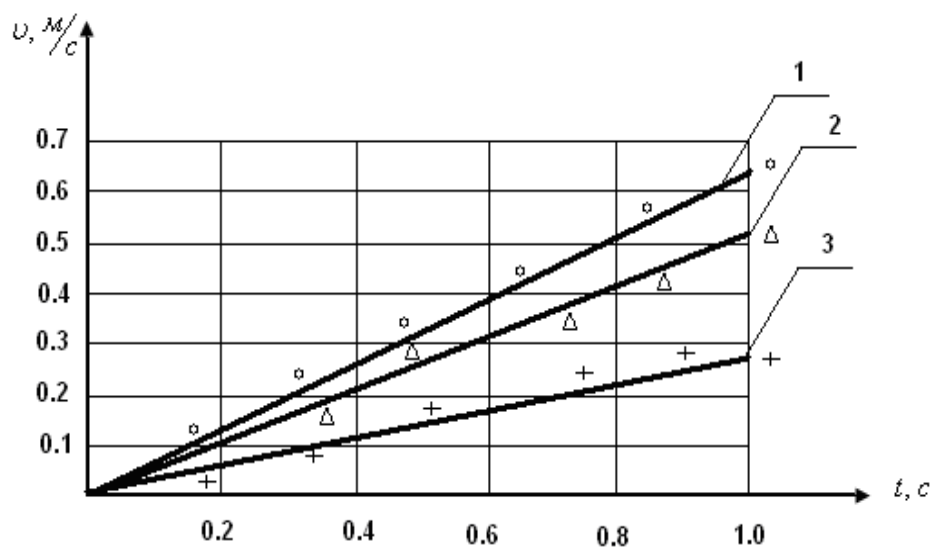


Рис. 2. Зміна швидкості переміщення виробу



а



б

Рис. 3. Графіки зміни швидкості переміщення виробів за допомогою повітряних струменів

Час, за який швидкість досягає величини $\frac{c}{\sqrt{a_2 c}}$, визначається за таким виразом:

$$t = \frac{0,5 \ln \frac{1 + \frac{x \sqrt{a_2 c}}{c}}{1 - \frac{x \sqrt{a_2 c}}{c}}}{\frac{c}{\sqrt{a_2 c}}}. \quad (10)$$

На рис. 2 показано графік залежності швидкості руху виробу, розміри якого $5 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-3}$ м, залежно від часу.

Питоме навантаження виробу 200 Н/м^2 , діаметр отворів у несучій пластині $d_0 = 1 \times 10^{-3} \text{ м}$, кути їх нахилу $\alpha = 60^\circ$, тиск на виході з отворів $P_0 = 2000 \text{ Н/м}^2$.

Висновки

Отримані результати дають змогу зробити наступні висновки: швидкість безконтактного переміщення виробів залежить від кута нахилу отворів, тиску повітря, причому при зменшенні кута α та збільшенні тиску P швидкість збільшується. Таким чином, результати досліджень дають змогу використовувати їх при розрахунках безконтактних транспортних пристроїв.

Надійшла 25.11.2009