

3. Назаров В.Е., Радостин А.В., Островский Л.А., Соустова И.А. Волновые процессы в средах с гистерезисной нелинейностью. Часть I // Акустический журнал.– 2003. – т. 49. – №3. – с. 405–415.
4. Назаров В.Е., Радостин А.В., Островский Л.А., Соустова И.А. Волновые процессы в средах с гистерезисной нелинейностью. Часть II // Акустический журнал. – 2003. – т. 49.– № 4. – с. 529–534.
5. Брандон Д., Каплан В. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля.– М.: Техносфера, 2004.– 384 с.
6. Луцик Я., Буняк Л., Стадник Б. Застосування ультразвукових сенсорів.– Львів, СП, 1998. – 232 с.

Надійшла 15.02.2010

УДК 621.5

## КООРДИНУВАННЯ ТІЛ У ПРОЦЕСІ ЇХ ПЕРЕМІЩЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Т.Г. ЛУКАНІНА

Київський національний університет технологій та дизайну

*Розглянуто можливість координування тіл у процесі їх переміщення по пневмотранспортуючому пристрою за допомогою напрямленої дії повітряних струменів на бокові поверхні тіла. Наведено деякі теоретичні аспекти цієї проблеми*

Процес координування та орієнтування тіл під час їх переміщення передбачає стабілізацію по двом параметрам – поперечному зміщенню відносно осі основного поступального руху та кутовому повороту. Найчастіше така стабілізація відбувається за допомогою пристроїв, в яких здійснюється безпосередній механічний контакт між тілом, що транспортується, та напрямляючими органами пристроїв.

Зрозуміло, що багаторазове зіткнення виробів, які мають підвищену адгезійність та легко деформуються, з жорсткими напрямними частинами пристроїв не може не відбитися на товарному вигляді цих виробів.

Таких недоліків позбавлений спосіб орієнтування подібних виробів за допомогою напрямленого впливу повітряних струменів.

### **Постановка завдання**

Мета досліджень полягає у визначенні основних параметрів координування тіл у процесі їх переміщення по пневмотранспортуючому пристрою. Процес координування та транспортування тіл відбувається за допомогою напрямленої дії повітряних струменів.

### **Результати та їх обговорення**

Тіла з підвищеною ламкістю та адгезійністю доцільно транспортувати та орієнтувати, виключаючи їх контакт з транспортуючими поверхнями.

На рис. 1 показані деякі можливі схеми реалізації такого способу.

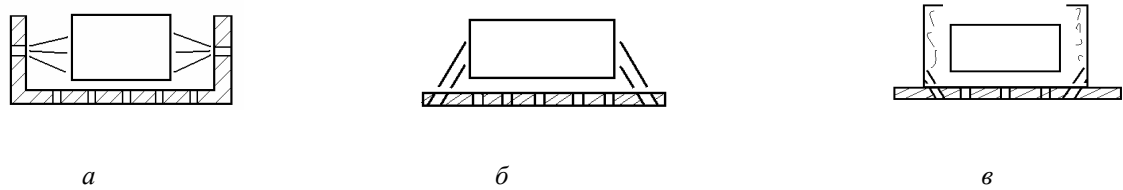


Рис. 1. Схеми орієнтування тіла за допомогою напрямленої дії струменів

Орієнтування виробів може відбуватися за допомогою струменів, що витікають з бокових стінок транспортуючих пристроїв (рис.1, *a*) або струменів, які формуються нахиленими отворами в несучій пластині (рис.1, *б*), а також шляхом використання екрануючого ефекту від бокових напрямлених перегородок (рис.1, *в*). В останньому випадку повітряний прошарок між тілом та перегородкою створюється за рахунок основних повітряних струменів, що витікають вертикально, та струменів, які утворюються при витіканні повітря з спеціальних нахилених отворів.

Розглянемо деякі теоретичні аспекти процесу переміщення тіла правильної геометричної форми в полі аеродинамічного впливу на нього повітряних струменів.

В якості основної конструктивної схеми орієнтуючого пристрою використовуємо схему, яка показана на рис. 2.

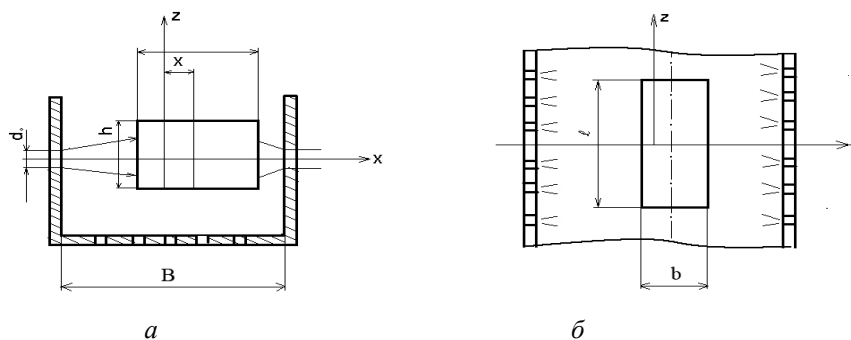


Рис. 2. Схема орієнтування тіла зустрічними повітряними струменями

Тіло масою  $m$ , яке має розміри  $b \times h \times l$ , переміщується в напрямку осі  $z$  (рис.2, *б*) за допомогою рухомого повітряного прошарку між його опорною поверхнею і несучою пластиною. Розглянемо поперечне зміщення тіла вздовж осі  $x$  (рис.2, *a*), вважаючи, що отвори, які розташовані в бокових стінках пристрою, симетричні відносно осі  $z$ .

Рівняння руху тіла має такий вигляд:

$$m\ddot{x} + F + Q = 0,$$

де  $F$  – сумарна сила аеродинамічної дії повітряних струменів на тіло;  $Q$  – сила в'язкого опору.

Силове діяння повітряних струменів на профільні поверхні тіла, що рухається, є результатом реалізації швидкісного тиску повітря, що рухається та має такий вигляд:

$$P = \frac{\rho v^2}{2}, \tag{1}$$

де  $P$  – тиск гальмування;  $\rho$  – густина повітря;  $v$  – швидкість повітря відносно тіла.

Для визначення тиску необхідно знати як змінюється швидкість  $v$  при зміні довжини струменя  $h_1$ . Для окремих ділянок осесиметричного турбулентного струменя було отримано такі відношення [1,2] :

1. Для початкової ділянки струменя ( $0 \leq h^* \leq 1$ )

$$P_{п.д.} = f_0 P_0 (1 - 0,408 h^*), \tag{2}$$

де  $f_0$  – площа поперечного перетину отвору;  $P_0$  – швидкісний натиск на виході з отвору;  $h^* = \frac{h_1}{5d_0}$  –

відносна довжина струменя,  $d_0$  – діаметр отвору.

2. Для основної ділянки струменя ( $h^* \geq 1$ )

$$P = 12,8 f_0 P_0 \left( \frac{0,1 + 0,15 h^*}{0,3 + 0,7 h^*} \right) \tag{3}$$

Співвідношення (2), (3) дають змогу побудувати епюру зміни сумарного швидкісного тиску в поперечному перетині струменя, яка вимірюється від торця отвору.

Припустимо, що ширина транспортуючої доріжки  $B = 0,05$  м, тіло має розміри  $(40 \times 20 \times 15) \cdot 10^{-3}$  (м<sup>3</sup>). Тоді максимальна довжина повітряного прошарку між тілом та боковими стінками пристрою складає  $L = (50 - 20) \cdot 10^{-3} = 30$  м.

Таким чином, реальне значення довжини струменя дорівнює такому виразу чи значенню, а саме:

$$h^* = \frac{h_{max}}{5d_0} = \frac{L}{5d_0} = 3 \dots 10.$$

На рис.3 показано можливі положення тіла в початковий момент, а на рис.4 – епюра зміни швидкісного тиску струменя, яка побудована на співвідношеннях (2), (3) при  $h^* = 3 \dots 10$  (рис.4. крива 1,2). Крива 3 показує зміну сумарної сили тиску двох зустрічних струменів, крива 4 побудована за емпіричною залежністю.

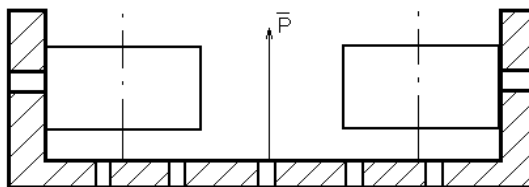


Рис.3. Можливі положення тіла в початковий момент

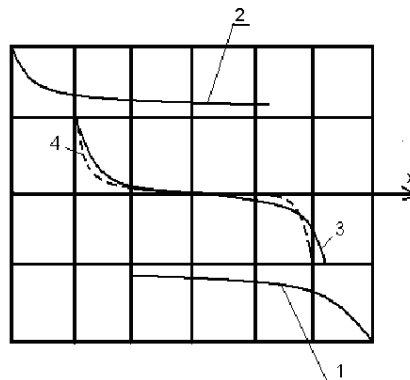


Рис.4. 1–2 – зміна швидкісного тиску з лівого та правого отворів; 3 – епюра сумарного швидкісного тиску; 4 – епюра, яка побудована по емпіричній залежності

Для інженерних розрахунків емпіричним шляхом було отримано таку залежність:

$$F = 0,0036 n f_0 P_0 \left( \frac{x}{5d_0} \right)^3, \quad (4)$$

яка з достатньою точністю інтерпретує сумарний аеромеханічний вплив струменя на тіло.

Тут  $x$  координата центра тяжіння тіла відносно початку координат, який знаходиться на осі симетрії пристрою;  $n$  – число отворів вздовж бокової поверхні тіла.

Позначимо

$$A = \frac{0,0036 n f_0 P_0}{(5d_0)^3}.$$

Тоді

$$F = Ax^3. \quad (5)$$

Сила в'язкого опору складається з сили лобового опору  $Q_a$  а сили тертя повітря  $Q_{тер}$ , що набігає на бокову поверхню тіла, а саме:

$$Q = Q_a + Q_{тер}.$$

Кожна з цих сил пропорційна квадрату швидкості потоку, що набігає, тобто швидкості переміщення тіла, і може бути визначена за відомими з аеродинаміки формулами, а саме:

$$Q_a = C_g h \ell \frac{\rho}{2} \dot{x}^2,$$

$$Q_{тер} = C_f 2b (h + \ell) \frac{\rho}{2} \dot{x}^2,$$

де  $C_g$  і  $C_f$  - відповідно коефіцієнти лобового опору та тертя.

Таким чином,

$$Q = C_g h \ell \frac{\rho}{2} \dot{x}^2 + C_f 2b (h + \ell) \frac{\rho}{2} \dot{x}^2 \quad \text{або} \quad Q = k \dot{x}^2, \quad (6), (7)$$

$$\text{де} \quad k = \frac{\rho}{2} [C_g h \ell + 2 C_f b (h + \ell)]. \quad (8)$$

З урахуванням формул (5) і (7) рівняння (1) отримує вигляд

$$m \ddot{x} + k \dot{x}^2 + A x^3 = 0.$$

Рівняння, що було отримане є рівнянням затухаючого коливального руху тіла під дією нелінійної відновлюючої сили  $A x^3$  та нелінійної дисипативної сили  $k \dot{x}^2$ . З теорії коливань відомі подібні способи розв'язання подібних рівнянь лише тоді, коли відновлююча сила є лінійною функцією. З використанням методу лінеаризації силу  $F$  можна подати таким чином:

$$F = c x,$$

$$\text{де} \quad c = \frac{0,0036 n f_0 P_0 a_0^2}{(5d_0)^3}, \quad (10)$$

$a_0$  – максимальне значення амплітуди коливань.

Тоді рівняння (9) прийме такий вид:

$$m \ddot{x} + k \dot{x}^2 + c x^3 = 0. \quad (11)$$

Зважаючи на те, що коливання мають малий темп затухань, частота вільних коливань  $W = \sqrt{\frac{c}{m}}$

вважається сталою. Тому розв'язанням рівняння (11) є така залежність:

$$x = \frac{a_0}{\sqrt{1 + 1,333 \frac{kW^3}{\pi c}}} \cos Wt \quad (12)$$

За конструктивних міркувань задамо припустиме значення амплітуди тіла в долях його ширини  $a = \varepsilon b$ , де  $\varepsilon < 1$  та визначимо час, необхідний для поперечного орієнтування тіла в пневмопристрої

$$t_{op} = \frac{a_0 - \varepsilon b}{a_0 \varepsilon b} \cdot \frac{\pi}{1,333 kW^3} \quad (13)$$

Для швидкої стабілізації тіла вздовж осі пневмотранспортуючого пристрою вдаються до поступового зменшення пристрою або звуження робочої полоси, яка обмежена робочими отворами в несучій поверхні.

#### **Висновки**

Отримані результати можуть бути використані при проектуванні та експлуатації транспортуючих пристроїв, які базуються на використанні напрямленої дії повітряних струменів. Різні конструктивні варіанти можуть застосовуватись в залежності від розмірів тіл, що транспортуються, та можливостей пневмосистеми, яка забезпечує необхідний для транспортування тіл та їх координації тиск повітря.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Залманзон Л.А. Теория элементов пневмоники. – М.: Наука. – 1962.
2. Луканіна Т.Г. Визначення тиску в повітряному прошарку при безконтактному транспортуванні тіл // Вісник Хмельницького національного університету. – 2006. – №4. – с. 54– 57.

Надійшла 23.12.2009

УДК 621.84.6

## **АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ЖОРСТКОСТІ МАШИН ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ З БАГАТОШАРОВИМИ ВАЛАМИ**

О.В. МОКШИНА, М.Л. РЯБЧИКОВ

Українська інженерно-педагогічна академія

*Розроблено методику визначення профілів прогинів багатошарових співвісних валів в машинах легкої промисловості, яка дозволяє за заданим алгоритмом розраховувати деформації валів з будь-якою кількістю шарів для правильного проектування машин, що запатентовані авторами. Алгоритм дозволяє змінювати розташування опор, на основі чого знаходити найбільш раціональне їх розташування. Розроблена методика реалізована у програмному середовищі MathCAD*

Швейна промисловість останнім часом досить динамічно розвивається в умовах зростаючої конкуренції. Підвищення продуктивності праці, зниження собівартості набуває все більшої актуальності.