

УДК 621.398-583..

## ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМОПРИВОДУ НА ЙОГО ДИНАМІКУ

Носко С.В., Дяченко В.А.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

**Анотація.** Приведені динамічні розрахунки пневматичного привода односторонньої дії у безрозмірних параметрах. При дослідженні визначався вплив різних конструктивних параметрів на динамічні параметри привода. Перехід від дійсних величин до безрозмірних дозволяє децю спростити рівняння і робить більш зручним рішення задачі на ОЦМ та дає можливість за рахунок використання узагальнюючих параметрів, яким нема аналогів серед дійсних, розповсюджувати рішення задачі на широке коло динамічно подібних пристроїв. Показано, що відносна жорсткість пружини починає значно впливати на час  $t_n$  для навантаження  $F_m$  при значеннях  $C_n$  більших 0,2 – 0,3 для прямого ходу поршня. Залежність часу зворотного ходу від навантаження показує, що чим менша жорсткість пружини, тим більша різниця в часі переміщення поршня від зміни навантаження.

**Ключові слова:** пневмопривод, жорсткість пружини, динаміка

В сучасних високотоварних технологіях особливе значення має час спрацьовування пневматичних виконавчих пристроїв. Точність розрахунку повного часу спрацьовування привода, особливо важлива, коли в виробництво впроваджуються автоматичні лінії. Похибка в розрахунках часу спрацьовування пневмопривода тільки на десяті долі секунди знижує продуктивність на 10...20%.

Швидкодія пневматичного привода характеризується часом виконання повного циклу позиціонування і залежить від параметрів які впливають на його динаміку [1].

При дослідженні ставилася мета – визначити вплив різних конструктивних параметрів  $N$ ,  $v$ ,  $\eta$  та  $X_0$  на динамічні параметри привода  $X$ ,  $\dot{X}$ ,  $\ddot{X}$ ,  $\tau$ .

Розрахункова схема пневмоциліндра односторонньої дії з зворотною пружиною приведена на рис.1.

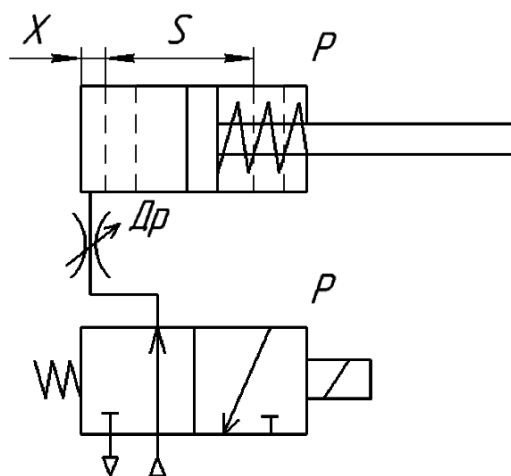


Рис. 1. Розрахункова схема пневмоциліндра односторонньої дії з зворотною пружиною

Рішення математичної моделі здійснимо за допомогою програми MathCAD V15 [2,3].

Для спрощення розрахунків розглянемо привід з великими значеннями конструктивного параметра  $N$ , тобто коли тиск в робочій порожнині пневмоциліндра односторонньої дії буде дорівнювати магістральному  $p_m$  практично на всій довжині ходу поршня. Тоді рівняння руху може бути представлене в спрощеному виді [3,4]

$$N^2 \frac{d^2}{d\tau^2} = 1 - \eta_a - vX \quad 1)$$

або

$$\ddot{X} + a_1 X - a_2 = 0, \quad 2)$$

де:

$$a_1 = \frac{v}{N^2};$$

$$a_2 = \frac{1-\eta_a}{N^2};$$

Останнє рівняння є лінійним диференціальним рівнянням рішенням якого є:

$$X = C_1 \cos \beta t + C_2 \sin \beta t + \frac{a_2}{a_1}, \quad 3)$$

де  $\beta = \sqrt{a_1}$ , так як із характеристичного рівняння слідує

$$k^2 + a_1 = 0$$

$$k = \pm \sqrt{a_1}$$

При  $\tau = 0$ ,  $X=0$  і  $\dot{X}=0$ , тому  $C_1 = -\frac{a_2}{a_1}$  і  $C_2 = 0$ .

Звідси  $X = \frac{a_2}{a_1} (1 - \cos \beta t)$ .

Щоб знайти  $\tau_s$ , треба покласти в цьому рівнянні  $X = 1$ . Після простих перетворень отримаємо

$$\cos \beta \tau_s = 1 - \frac{a_1}{a_2} \quad 4)$$

або

$$\tau_s = \frac{1}{\beta} \arccos \left( 1 - \frac{a_1}{a_2} \right).$$

Підставляючи замість  $a_1$ ,  $a_2$ , і  $\beta$  їх значення будемо мати:

$$\tau_s = \frac{1}{\sqrt{v}} \arccos \left[ 1 - \frac{v}{1-\eta_a} \right]. \quad 5)$$

Із формули слідує, що при заданих значеннях  $v$  і  $\eta_a$  безрозмірний час  $\tau_s$  лінійно залежить від  $N$ .

Транспортуючі пневмоприводи з вакуумними захватами мають практично постійну масу рухомих елементів, що обумовлено функціональними можливостями вакуумних захватів. Внаслідок цього, можливо знехтувати величиною конструктивного параметра привода і спростити приведені вище рівняння та розрахунки. При  $N=0$  рівняння руху буде мати вигляд:

$$Y - vX - \eta_a = 0. \tag{6}$$

Підставивши з останнього рівняння значення  $Y$  та його диференціал  $dY=vdX$  в рівняння зміни тиску в порожнині циліндра при надкритичному режимі течії, після інтегрування отримаємо наступну залежність між безрозмірними параметрами часу і переміщення поршня  $X$ :

$$\tau = \frac{1}{\varphi(Y_*)} \left[ \frac{1+k}{2k} vX^2 + \frac{1}{k} (vX_0 + k\eta_a)X \right] \tag{7}$$

Підставивши в дане рівняння значення  $X=1$ , що відповідає робочому ходу поршня, отримаємо залежність для визначення значень безрозмірного часу повного ходу і тиску в кінці руху поршня:

$$\tau = \frac{1}{\varphi(Y_*)} \left[ v \left( \frac{1+k}{2k} + \frac{X_0}{k} \right) + \eta_a \right], \tag{8}$$

$$Y_s = v + \eta_a$$

Дане рівняння, доцільно використовувати також, для визначення допустимих параметрів шорсткості зворотної пружини або навантаження при заданій величині безрозмірного часу.

Таким чином початковий об'єм порожнини циліндра залежить від конструктивних особливостей привода і впливає на значення часу переміщення поршня значно менше, ніж шорсткість зворотної пружини або технологічне навантаження на шток.

$$t = \frac{\Delta V p_d}{G_* RT}, \tag{9}$$

$$\Delta V = V - V_0$$

де  $V_0$  і  $V$  — об'єми поршневої порожнини (початковий і кінцевий);  $P_d$  — тиск повітря, що необхідний для подолання всіх сил опору в приводі.

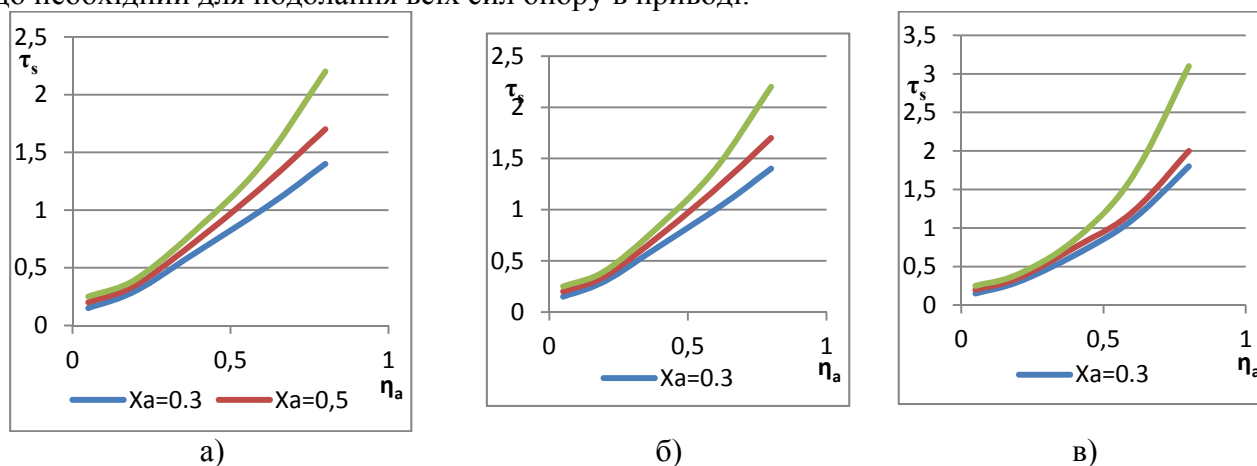


Рис. 2 – Безрозмірний час  $\tau$ , руху поршня одностороннього циліндра зі зворотною пружиною при прямому русі ( $\xi = 0.15$ ). а:  $V_d = 0.05$ ; б:  $V_d = 0.1$ ; в:  $V_d$

**Висновки.** Відносна жорсткість пружини починає значно впливати на час  $t_n$  для навантаження  $F_T$  при значеннях  $C_n$  більших 0,2 – 0,3 для прямого ходу поршня. Залежність часу зворотного ходу від навантаження показує, що чим менша жорсткість пружини, тим більша різниця в часі переміщення поршня від зміни навантаження.

**Список літератури.**

1. Герц Є.В. Динаміка пневматичних систем машин. - М.: Машинобудування, 1985. - 256 с.
  2. Донской А.С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах: Учеб. пособие. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 122 с.
  3. Донской А.С. Обобщенные математические модели элементов пневмосистем. – СПб.: СПГУТД, 2001. – 215 с.
-