

УДК 62-121

В.М. Заворотній, С.В. Носко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Динамічний розрахунок пневмоприводу з врахуванням його конструктивних параметрів

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 дещо 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 $t_{\text{п}}$ для навантаження $F_{\text{т}}$ при значеннях $C_{\text{п}}$ 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.

В сучасних високовиробничих 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 , η та X_0 на динамічні параметри привода $X, \dot{X}, \ddot{X}; \tau$.

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

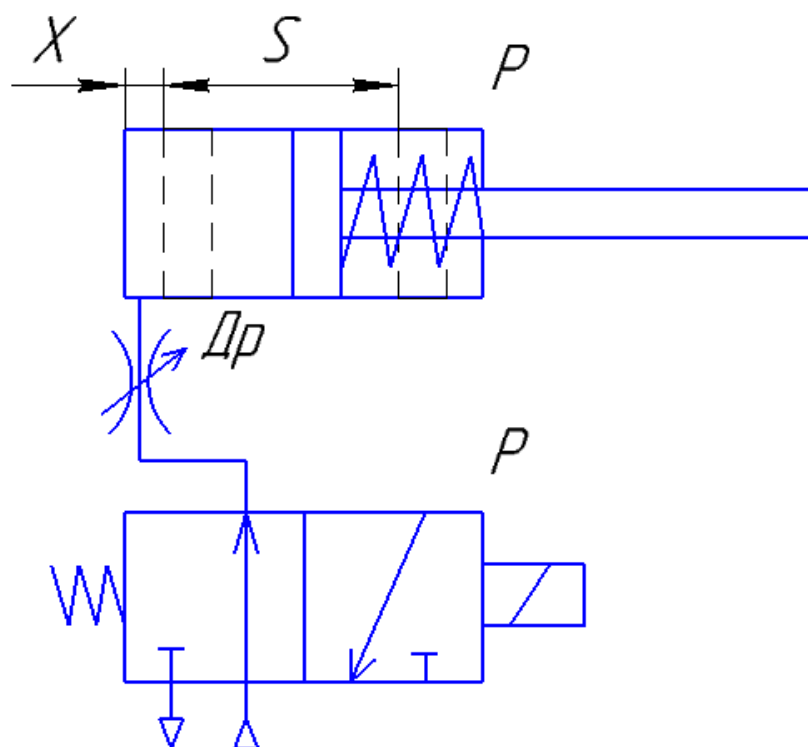


Рис.1. Розрахункова схема пневмоциліндра односторонньої дії с
звотною пружиною

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

Для спрощення розрахунків розглянемо привод 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:

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

де $\beta t = \sqrt{a_1}$, так як із характеристичного рівняння слідує $k^2 + a_1 = 0$.

При $\tau = 0$, $X = 0$ і $X' = 0$, 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 τ_s , треба покласти в цьому рівнянні $X = 1$. Після простих перетворень отримаємо

$$\cos \beta \tau_s = 1 - \frac{a_1}{a_2},$$

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

Підставляючи замість a_1 , a_2 , і β їх значення будемо мати

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

Із формули слідує, що при заданих значеннях v і η_a безрозмірний час τ_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

$$Y - vX - \eta_a = 0.$$

Підставивши з останнього рівняння значення Y та його диференціал

$$dY = v dX.$$

в рівняння зміни тиску в порожнині циліндра при надкритичному режимі течії, після інтегрування отримаємо наступну залежність між безрозмірними параметрами часу і переміщення поршня X :

$$\tau = \frac{1}{\varphi(Y_*)} \left[\frac{1+k}{2k} v X^2 + \frac{1}{k} (v X_0 + k \eta_a) X \right].$$

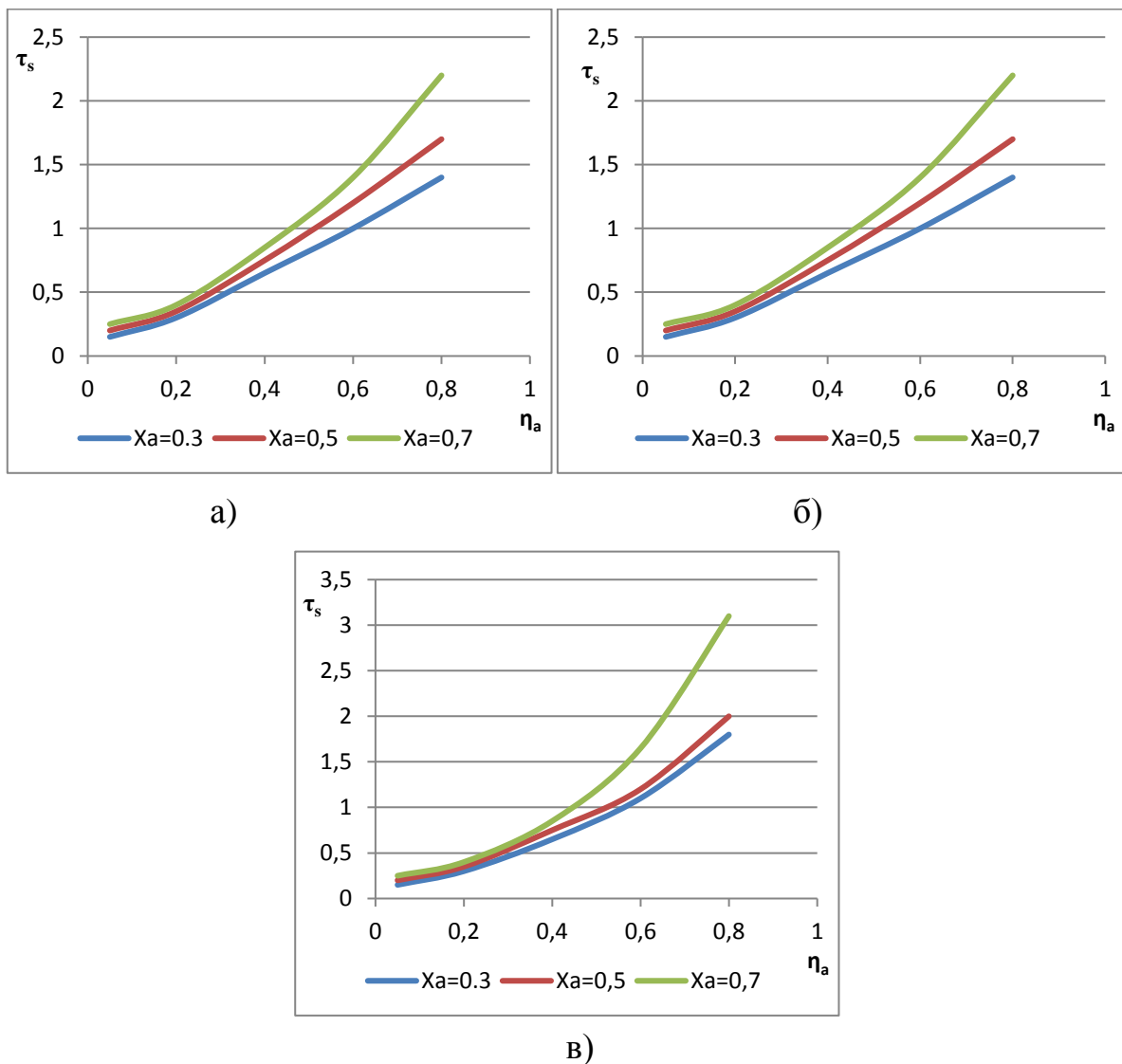


Рис.2. Безрозмірний час τ_s руху поршня одностороннього циліндра зі зворотною пружиною при прямому русі ($\xi = 0.15$): а- $V_d = 0,05$; б- $V_d = 0,1$; в- $V_d = 1,5$

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

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

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 жорсткість зворотної пружини або технологічне навантаження на шток

$$t = \frac{\Delta V p_d}{G_* RT}, Y_s = v + \eta_a,$$

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.

Висновки:

Відносна жорсткість пружини починає значно впливати на час t_{Π} для навантаження F_T при значеннях C_{Π} 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 використаних джерел

1. Герц Є. В. Динаміка пневматичних системних машин / Є. В. Герц., 1985. – 256 с.
2. Донской А. С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах / А. С. Донской., 2009. – 122 с.
3. Донской А. С. Обобщенные математические модели элементов пневмосистем / А. С. Донской., 2001. – 215 с.