

УДК 621.884

Е.Л.Селезньов, О.Д.Клименко, О.В.Печера
Луцький національний технічний університет**ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОДІЇ ПНЕВМОЦИЛІНДРА ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ
МАШИНИ ДЛЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКЛЕПОК**

В роботі розглядається методика розрахунку швидкодії пневмоциліндра, який забезпечує привід ударника машини для встановлення заклепок.

Ключові слова: заклепка, пневмоциліндр, трубопровід, тиск, швидкодія, час.

Постановка проблеми. Для встановлення заклепок при виготовленні взуття використовують машини з електромеханічним приводом ударної дії. Це приводить до зминання і розривів матеріалу при жорсткій взаємодії ударника з матеріалом. Для усунення цих недоліків доцільно використовувати в машинах для встановлення заклепок замість електромеханічного приводу пневматичний.

Аналіз досліджень і публікацій. В ряді літературних джерел [1,2,3] приведені результати теоретичних і експериментально-дослідницьких процесів взаємодії ударника з матеріалом при встановленні заклепок. Однак, єдиної методики, яка б пов'язувала технологічні особливості процесу з конструктивними елементами обладнання не створено.

Основна частина. Основною характеристикою пневмоприводу при встановленні заклепок є швидкодія пневмоциліндра ударного механізму.

Вихідні дані для розрахунку:

$P_m = 0,6 \text{ МПа}$ – абсолютний тиск повітря в магістралі;

$P_a = 0,1 \text{ МПа}$ – атмосферний тиск;

$D = 150 \text{ мм}$ – діаметр пневмоциліндра;

$d = 30 \text{ мм}$ – діаметр штока пневмоциліндра;

$d_{mp,1,2} = 8 \text{ мм}$ – діаметр трубопроводів;

$l_{mp,1,2} = 750 \text{ мм}$ – довжина трубопроводів;

$d_1 = 8 \text{ мм}$ – діаметри отворів у розподільчому золотнику;

$h_1 = h_2 = 5 \text{ мм}$ – приведені довжини шкідливого простору циліндра;

$m = 2,5 \text{ кг}$ – маса поршня;

$L = 70 \text{ мм}$ – довжина ходу поршня;

$\mu = 0,5$ – коефіцієнт витрати;

Температуру повітря приймаємо рівну $T = 293 \text{ К}$.

Час спрацювання t визначається за формулою $t = T_1 + T_2$,

де T_1 – час підготовчого періоду,

T_2 – час руху поршня на величину ходу L .

Визначення початкових даних для побудови графіка зміни тиску в лівій порожнині циліндра в підготовчому періоді для підкритичної зони.

Визначимо початковий обсяг лівої порожнини циліндра:

$$V_{10} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot h_1}{4} + \frac{\pi d_{mp1}^2 \cdot l_{mp1}}{4} =$$

$$= \frac{\pi \cdot 0,15^2 \cdot 3 \cdot 10^{-3}}{4} + \frac{\pi \cdot 0,008^2 \cdot 0,75}{4} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

Визначимо ефективний переріз отвору в розподільнику:

$$f_{1e} = \frac{\mu \cdot \pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,001^2}{4} = 3,93 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2,$$

де μ – коефіцієнт витрати, визначається експериментально, для приводів легкої промисловості 0,2...0,5 ($\mu = 0,5$).

Критична масова витрата повітря визначається за формулою:

$$\theta_{1кр} = \frac{P_m \cdot f_{1e}}{\sqrt{T_m}} \cdot B \cdot \varphi(\varepsilon_{кр}),$$

$$\text{де, } B = \sqrt{\frac{2 \cdot n}{R \cdot (n-1)}} = 0,156 \frac{\text{с} \cdot \text{к}^{\frac{1}{2}}}{\text{м}},$$

$\varphi(\varepsilon_{кр}) = 0,259$ для адіабатного витікання повітря.

$$\theta_{1кр} = \frac{10^6 \cdot 0,2 \cdot 3,93 \cdot 10^{-7}}{\sqrt{293}} \cdot 0,156 \cdot 0,259 = 1,86 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}.$$

Критичний тиск:

$$P_{1кр} = \varepsilon_{кр} \cdot P_m$$

де $\varepsilon_{кр}$ – критичне відношення тисків у порожнинах циліндра.

При адіабатному витіканні повітря $\varepsilon_{кр} = 0,528$.

$$P_{1кр} = 0,528 \cdot 60 = 30,6 \text{ Н/см}^2.$$

Час визначиться за формулою

$$t_{кр1} = \frac{V_{10}}{\theta_{кр1} \cdot R \cdot T_1} \cdot (P_{1кр} - P_a),$$

де R – газова стала,

T_1 – абсолютна температура в порожнині циліндра.

$$t_{кр1} = \frac{2,4 \cdot 10^{-5} (10,6 - 9,81) \cdot 10^4}{1,86 \cdot 10^{-4} \cdot 287 \cdot 293} = 0,023 \text{ с}.$$

Будуємо графік $P_1 = f(t)$ (рис. 1). Наносимо точку 1 з координатами $t = 0$; $P_1 = P_a = 9,81 \text{ Н/см}^2$ і точку 2 з координатами $t = t_{кр1} = 0,023 \text{ с}$; $P_1 = P_{1кр} \cdot k_m = 10,2 \text{ Н/см}^2$.

$k_m = \frac{1}{3}$ – коефіцієнт температурно-швидкісних умов процесу.

Точки 1 і 2 з'єднуємо прямою лінією.

Визначення початкових даних для побудови графіка P_1 в лівій порожнині циліндра в підготовчому періоді.

Визначимо координати точок 3 і 4 з рівняння:

$$t = t_{кр1} + \frac{2 \cdot K_1 \cdot n}{n-1} \cdot \left(\sqrt{1 - \varepsilon_{кр}^{\frac{n-1}{n}}} - \sqrt{1 - \varepsilon_1^{\frac{n-1}{n}}} \right),$$

позначимо:

$$\psi(\varepsilon) = \sqrt{1 - \varepsilon_{кр}^{\frac{n-1}{n}}} - \sqrt{1 - \varepsilon_1^{\frac{n-1}{n}}},$$

де n – показник степені в рівнянні політропного процесу розширення газу $Pv^n = const$, при адіабатному витіканні повітря: $n = 1,4$. Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.

Таблиця 1

| Результати розрахунку функції $\psi(\varepsilon)$ | | |
|---|-------|------|
| ε | 1 | 0,8 |
| $\psi(\varepsilon)$ | 0,409 | 0,16 |

$$K_1 = \frac{V_{10}}{f_{1e} \cdot B \cdot R \cdot \sqrt{T_m}},$$

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 10^{-5}}{3,93 \cdot 10^{-7} \cdot 0,156 \cdot 287 \cdot \sqrt{293}} = 0,08.$$

Координати точки 3 при $\varepsilon_1 = 0,8$:

$$P_1 = \varepsilon_1 \cdot P_m \cdot k_m = 0,8 \cdot 60 \cdot \frac{1}{3} = 16 \text{ Н/см}^2,$$

$$t = 0,00023 + \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 1,4}{1,4 - 1} \cdot 0,16 = 0,16 \text{ с.}$$

Координати точки 4 при $\varepsilon_1 = 1$:

$$P_1 = \varepsilon_1 \cdot P_m \cdot k_m = 1 \cdot 60 \cdot \frac{1}{3} = 20 \text{ Н/см}^2,$$

$$t = 0,00023 + \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 1,4}{1,4 - 1} \cdot 0,409 = 0,16 \text{ с.}$$

Визначення початкових даних для побудови графіка зміни еквівалентного тиску $P_{екв}$ в правій порожнини циліндра.

Початковий обсяг правої порожнини, включаючи об'єм трубопроводу

$$V_{20} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot (h_2 + l) + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l_{mp2},$$

$$V_{20} = \frac{\pi}{4} \cdot ((6,3^2 - 2^2) \cdot (0,3 + 5) + 0,5^2 \cdot 75) = 180 \text{ см}^3.$$

Робоча площа перерізу лівої і правої порожнин циліндра:

$$F_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot 6,3^2 = 31,2 \text{ см}^2;$$

$$F_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} = \frac{\pi}{4} \cdot (6,3^2 - 2^2) = 28 \text{ см}^2;$$

$$K_2 = \frac{V_{20}}{R \cdot \sqrt{T_2} \cdot B_{кр} \cdot f_{2e}};$$

де $B_{кр} = B \cdot \varphi(\varepsilon_{кр}) = 0,156 \cdot 0,259 = 0,040 \frac{\text{с} \cdot \text{к}^2}{\text{м}},$

$$K_2 = \frac{180 \cdot 10^{-6}}{287 \cdot \sqrt{293} \cdot 0,04 \cdot 3,93 \cdot 10^{-7}} = 2,33.$$

Координати точок графіка залежності $P_{екв}$ від t визначимо з формули:

$$P_{екв} = \frac{P_m \cdot e^{-\frac{t}{K_2}} \cdot F_2 + P_{кор} + P_{тер}}{F_1}$$

де $P_{тер}$ – сила тертя; $P_{тер} = 3,5 \cdot \sqrt{P_{кор}} = 3,5 \cdot \sqrt{250} = 55,3 \text{ Н}$.

Розрахунок для різних значень часу наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати розрахунку $P_{екв}$

| t | 0 | 0,03 | 0,06 | 0,1 | 0,13 | 0,16 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| $P_{екв}$ | 33,4 | 27,5 | 24,2 | 21,4 | 18,7 | 15,9 |

Точка перетину графіків $P_1 = f(t)$ і $P_{екв} = f(t)$ (рис. 1) дає приблизне значення часу $T_1 \approx 0,143 \text{ с}$.

Розрахунок часу ходу поршня на величину L визначається програмним способом. Результати розрахунків спрацювання пневмоциліндра наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Розрахунок часу спрацювання пневмоприводу

| $P_1=60.00 \quad T_1=0.143$ | |
|-----------------------------|----------------------|
| X= 0.00 $T_2=0.000$ | X= 32.81 $T_2=0.120$ |
| X= 2.05 $T_2=0.010$ | X= 34.99 $T_2=0.130$ |
| X= 5.19 $T_2=0.020$ | X= 36.27 $T_2=0.140$ |
| X= 7.42 $T_2=0.030$ | X=39.64 $T_2=0.150$ |
| X= 11.75 $T_2=0.040$ | X=42.11 $T_2=0.160$ |
| X= 14.18 $T_2=0.050$ | X=45.67 $T_2=0.170$ |
| X= 17.70 $T_2=0.060$ | X=48.32 $T_2=0.180$ |
| X= 20.31 $T_2=0.070$ | X=52.07 $T_2=0.190$ |
| X= 23.02 $T_2=0.080$ | X=56.92 $T_2=0.200$ |
| X= 26.83 $T_2=0.090$ | X=60.86 $T_2=0.210$ |
| X= 28.73 $T_2=0.100$ | X=63.90 $T_2=0.220$ |
| X= 30.72 $T_2=0.110$ | |
| $T_2=0.220 \quad t=0.363$ | |

Висновки. Розроблена методика визначення швидкодії пневмоциліндра машини для встановлення заклепок дозволяє здійснювати розрахунок основних вузлів та складових елементів цього оснащення, зокрема розрахунок швидкодії пневмоциліндра на базі модернізованої машини КЗ-2, та інших машин, які використовують пневматичний ударник.

1. Большаков П.А., Иоффе А.Л., Бухарин А.В. Справочник по ремонту, наладке и эксплуатации оборудования обувных предприятий. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 312 с.
2. Иоффе А.Л. Ремонт и монтаж оборудования обувных фабрик. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 208 с.
3. Бурлаков О.А. Инженерный расчет при разработке пневмо- и гидроприводов. Методические указания. – М.: 1986. – 51 с.

