

УДК УДК 629.3

Т.Г. Матвієнко, О.В. Узунов

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

Математична модель фрагменту пристрою автоматичного підтримання тиску в шинах транспортних засобів

Використання транспортних засобів з кожним роком тільки збільшується, але разом з цим у людей виникає потреба в покращенні комфорту переміщення або підвищення безпеки перевезення вантажів. В цих, та багатьох інших областях застосування транспортних засобів, які мають шини, виникає ряд проблем, вплив яких можна зменшити, або взагалі усунути. Розглянемо детальніше ці питання далі.

Одною з таких проблем, з якою може зіткнутися кожен водій легкового або вантажного транспорту, є прокол шини. Окрім того, що така ситуація спричинить водію дискомфорт в пересуванні, вона може призвести до аварійної ситуації. Другою суттєвою проблемою є різна керованість транспортного засобу при різних дорожніх умовах. Наприклад, при пересуванні по піску, ґрунту, або щербню тиск в шинах напряду впливає на прохідність транспортного засобу. Також, тиск в шині впливає на її зношуваність. Відомо також, що при зменшенні опору кочення шини за рахунок збільшення тиску в шинах зменшується витрата пального. Наприклад, при зменшенні опору кочення шини на 3% економія палива складає 1%.

Ціллю роботи є збільшення комфорту пересування та підвищення безпеки, завдяки налаштуванню та підтриманню заданого тиску в шинах транспортного засобу.

Моделювання роботи системи значно полегшує етап дослідження функціональності елементів. Воно дозволяє дослідити як система працює при різних значеннях параметрів без складання і проведення дослідів на готовому зразку. Це дає змогу внести корективи в необхідні ланки системи і оптимізувати її без суттєвих затрат.

Для проведення моделювання необхідно написати математичний опис системи і потім перенести його в середовище моделювання Simulink. Модель дозволить швидко провести розрахунки і відразу побачити результат.

Розглянемо принципову схему пристрою (рис.1), який є частиною системи налаштування та підтримання тиску.

В початковому положенні пристрій знаходиться в стані рівноваги, в усіх порожнинах і камері шини атмосферний тиск. При необхідності накачати шину на заданий тиск пружину переміщують на величину h . Пружина прикріплена до золотника і при її стисканні, виникає сила, яка зміщує золотник, який знаходиться в нейтральному стані. Зміщення золотника призводить до відкриття регульованого дроселю золотника і подачі повітря в камеру шини. Зі збільшенням тиску в шині збільшується і тиск в торцевій камері золотника. Виникає сила $P_{ш.}$, яка діє на золотник, намагаючись змістити золотник у закрите положення, тобто ліворуч. Коли тиск в шині зросте до заданого, золотник повернеться до положення рівноваги, і буде знаходитись в ньому поки не зміняться налаштування пружини.

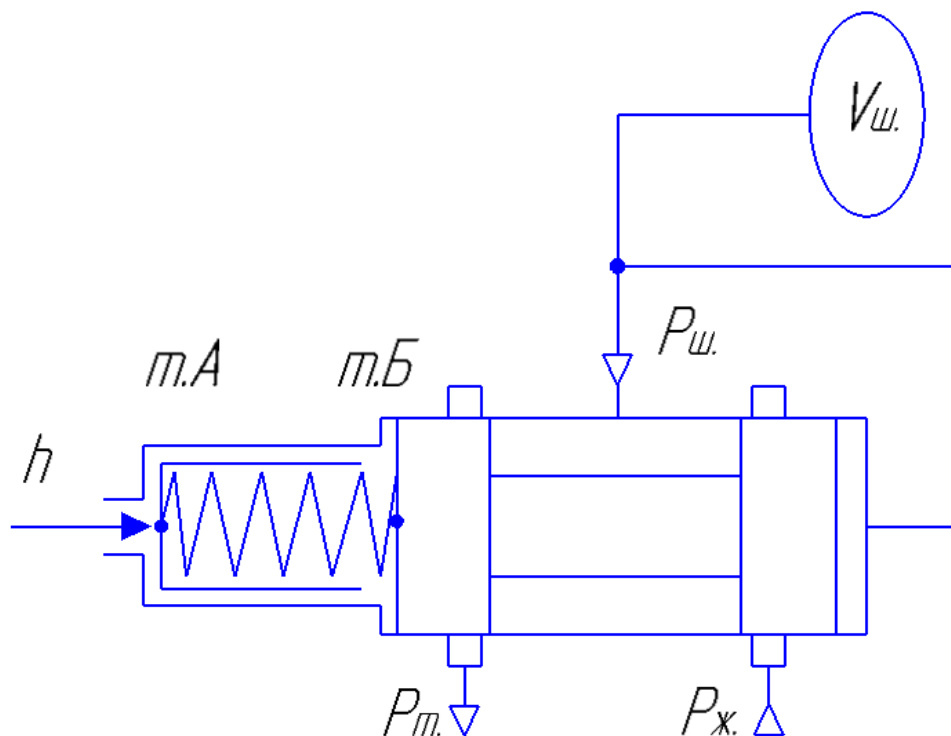


Рисунок 1. Принципова схема пристрою

Для кращого розуміння перетікання фізичних процесів у пристрої розіб'ємо його схему, зображену на рис.1, на три основні частини, кожна з яких відповідає окремим процесам, і опишемо математично ці процеси. Перша частина – містить елемент живлення, трубопровід, дросель змінного перерізу, який утворений кромкою корпусу і торцевою кромкою золотника і камеру шини; друга частина – пружину і золотник в корпусі, третя частина – джерело тиску і

канали, якими вона пов'язана з камерою, утвореною правим торцем золотника і корпусом. Побудувавши моделі процесів в окремих частинах, ми їх зберемо в модель роботи всього пристрою.

Перша частина пристрою зображена на рис 2. В ній відбувається процес наповнення камери шини повітрям через змінну площу перерізу дроселя. Схема містить елемент живлення, тобто подачу стисненого повітря з компресору - $P_{жив.}$, регульований дросель зі змінною площею поперечного перерізу - $f_{др.}$, та об'єм шини - $V_{ш.}$

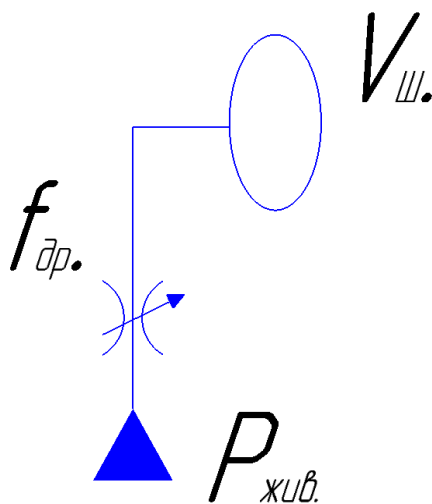


Рис 2. Схема першої частини пристрою - наповнення камери шини повітрям через змінний дроселюючий отвір

Математичну модель наповнення камери шини повітрям через змінний дроселюючий отвір можна описати наступними чином. Спочатку система знаходиться у стані спокою і в усіх порожнинах атмосферний тиск. Потім на вході з'являється тиск $P_{жив.}$, повітря йде по каналу і дросель сповільнює хід повітря. Шина заповнюється повітрям. Тиск в шині зростає. Коли $P_{жив.} = P_{ш.}$ система приходить до стану рівноваги.

Оскільки ми працюємо з повітрям, можливі два режими його перетікання через дросель: докритичний (критичний) і надкритичний. Відповідно записуємо два рівняння витрати повітря. Спочатку розглянемо процес проходження повітря через дросель. Цей процес можна описати, використовуючи базові рівняннями [1] у відповідності до процесу, який розглядається. Запишемо витрату для докритичного режиму (1), де μ – коефіцієнт витрати, f – площа перерізу дроселя, g – прискорення вільного падіння, k – показник адіабати (в нашому випадку для

повітря $k=1,4$), p_m – тиск живлення, p – тиск на виході, v – швидкість потоку повітря (2), де S – площа дроселя, σ – відношення тисків (3).

$$Q = \mu \cdot f \sqrt{\frac{2gk}{k-1} \cdot \frac{p_m}{\vartheta} \left(\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}} \right)} \quad , \quad (1)$$

$$\vartheta = \frac{Q}{S} \quad , \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{p}{p_m} \quad . \quad (3)$$

Для отримання рівняння витрати при надкритичному режимі запишемо критичне відношення тисків (4), та підставимо його в рівняння (1) і отримаємо рівняння (5).

$$\sigma = \sigma_* = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \quad , \quad (4)$$

$$Q_* = \mu \cdot f \cdot \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{2gk}{k+1} \cdot \frac{p_m}{\vartheta}} \quad . \quad (5)$$

Рівняння (5) можна спростити до вигляду (6)

$$Q_* = K \cdot \mu \cdot f \cdot \frac{p_m}{\sqrt{RT}} \cdot \varphi(\sigma) \quad , \quad (6)$$

$$\varphi(\sigma) = \sqrt{\left(\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}} \right)} \quad (7)$$

316

де $K = \sqrt{\frac{2gk}{k-1}} = 8,28 \text{ м}^{1/2} \text{ с}^{-1}$, $R = 29,27 \text{ кгс} \cdot \frac{\text{м}}{\text{кгс}} \cdot \text{°С}$, T – абсолютна температура.

Для визначення тиску p_1 , який створиться в камері шини, в формулу (8) підставляємо кількість повітря в порожнині dW з формули (9) і витрату повітря Q^* з формули (6).

$$kRTdW = Vd_p + kpdV \quad , \quad (8)$$

$$dW = Gdt \quad . \quad (9)$$

Отримуємо формулу (10) визначення тиску p_1 в шині постійного об'єму:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{kf^{\circ} K p_m \sqrt{RT}}{F} \varphi(\sigma) - kp \quad , \quad (10)$$

$$f^{\circ} = \mu_1 \cdot f_1 \quad (11)$$

де, F – площа торця, t – час, f° – ефективна площа, μ_1 – коефіцієнт витрати, f_1 – площа вхідного отвору, R – газова постійна.

Моделювання виконуватиметься в програмі Simulink, особливістю якої є внутрішнє врахування плинності часу в процесі.

Складемо систему рівнянь (12):

$$\begin{cases} Q = \mu \cdot f \sqrt{\frac{2gk}{k-1} \cdot \frac{p_M}{\vartheta} \left(\sigma^{\frac{2}{k}} - \sigma^{\frac{k+1}{k}} \right)} ; \\ Q_* = K \cdot \mu \cdot f \cdot \frac{p_M}{\sqrt{RT}} \cdot \varphi(\sigma); \\ \frac{dp_1}{dt} = \frac{kf^\circ K p_M \sqrt{RT}}{F} \varphi(\sigma) - kp. \end{cases} \quad (12)$$

При $0 < \sigma < 0,528$, $\varphi(\sigma) = 0,2588$ – режим підкритичний і використовується залежність Q , а для значення $0,528 < \sigma < 1$, використовується залежність Q^* і залежність $\varphi(\sigma)$ (7).

Висновки:

Таким чином, ми отримали математичний опис процесів в першій частині пристрою, яка дозволяє змоделювати процес наповнення камери шини через трубопровід і дросель змінного перерізу. Це дозволить визначити характер процесу зміни тиску в камері шини і час її наповнення в залежності від параметрів пристрою. Наступним кроком є математичний опис другої та третьої складових частини пристрою з подальшим їх моделюванням в програмі Simulink. Заключним етапом є моделювання сукупності цих трьох моделей фрагментів пристрою і дослідження пристрою в цілому.

317

Список використаних джерел

1. Герц Е. В., Крейнин Г. В. Расчет пневмоприводов. Справочное пособие, М.: «Машиностроение», 1975 . 272 с. с ил.