ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

№ 5 (239) ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 1997

УДК 621.86.01 : 62-525

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕМЕНТАХ ПНЕВМОСИСТЕМ С УЧЕТОМ УДАРНЫХ ВОЛН ДАВЛЕНИЯ

А. С. ДОНСКОЙ, В. А. КЛИМОВ

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

Рассмотрим методику расчета газодинамических процессов в полостях переменного объема типа пневматических исполнительных механизмов (ПИМ) (пневмоцилиндрах, датчиках и др.) с учетом взаимосвязи всех газодинамических процессов, приводящих к появлению волновых процессов и образующихся в результате этого ударных волн. Нами предлагается новый метод учета всех физических процессов в ПИМ, в том числе и волновых, на основе обыкновенных дифференциальных уравнений.

В классической теории пневмопривода изменение давлений в полостях описано без учета инерционных свойств газа, приводящих к появлению волновых процессов. Отсюда следует, что давление в полости нагнетания не может быть больше давления питания. Однако при определенных условиях в переходных режимах вследствие инерционных свойств газа давление на поршень может значительно превышать давление магистрали.

Необходимость учета совокупности всех физических процессов, включая волновые, в рабочих полостях ПИМ появляется, например, при расчетах некоторых длинноходовых ПИМ с гибким штоком (тросом) с длиною хода в несколько метров. Здесь пневмоцилиндр по своим газодинамическим характеристикам в большей степени соответствует трубопроводу, чем пневматической камере. Кроме того, проблема учета волновых явлений возникает при проектировании следящих пневмоприводов, различной аппаратуры с пневматическим управлением, пневматических датчиков.

Известные математические модели [1], учитывающие волновые явления в рабочих полостях ПИМ, основаны на решении сложной системы дифференциальных уравнений в частных производных численными методами и достаточно сложны для практических расчетов. Поэтому практический интерес представляет математическая модель ПИМ, учитывающая основные физические процессы в рабочих полостях на базе обыкновенных дифференциальных уравнений. С помощью данной модели можно также оценить точность расчета и целесообразность применения более простых моделей.

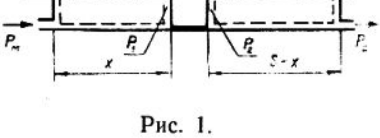

Рис. 1.

С целью описания газодинамических процессов в ПИМ с учетом волновых явлений в полостях при помощи обыкновенных дифференциальных уравнений каждую из полостей рассмотрим как пневматическую линию с переменной длиной. Воспользуемся уравнениями, полученными при моделировании процессов в пневматической линии [2].

Расчетная схема ПИМ приведена на рис. 1. Индекс «1» и на рис. 1, и в уравнениях соответствует параметрам газа в полости нагнетания, индекс «2» — выхлопной полости.

Математическая модель, описывающая динамику ПИМ с учетом взаимодействия различных газодинамических процессов в его полостях, имеет вид:

$$M\frac{d^2x}{dt^2}=P_1F_1-P_2F_2-P_a(F_1-F_2)-G,$$

$$m_1\frac{dv_1}{dt}=P_{1c}F_1-P_1{}^*F_1,$$

$$P_1{}^*=\begin{cases}P_{10}; & t<x_0/c,\\ P_1; & t\geqslant x_0/c,\end{cases}$$

$$\frac{dm_1}{dt}=\frac{f_1}{\sqrt{\zeta_1 RT_м}}\sqrt{P_м^2-P_{1c}^2},$$

$$\frac{dP_{1c}}{dt}=-\frac{2P_{1c}}{x}\left(v_1-\frac{x}{m_1}\frac{dm_1}{dt}\right),$$

$$\frac{dP_1}{dt}=-\frac{2P_1}{x}\left(\frac{dx}{dt}-v_1\right);$$

$$m_2\frac{dv_2}{dt}=P_2{}^*F_2-P_{2c}F_2,$$

$$P_2{}^*=\begin{cases}P_{20}; & t<(S-x_0)/c,\\ P_2; & t\geqslant(S-x_0)/c,\end{cases}$$

$$\frac{dm_2}{dt}=-\frac{f_2}{\sqrt{\zeta_2 RT_м}}\sqrt{P_{2c}^2-P_a^2},$$

$$\frac{dP_2}{dt}=-\frac{2P_2}{S-x}\left(v_2-\frac{dx}{dt}\right),$$

$$\frac{dP_{2c}}{dt}=-\frac{2P_{2c}}{S-x}\left[\frac{(S-x)}{m_2}\frac{dm_2}{dt}-v_2\right],$$

где M— масса подвижных частей;
x— координата поршня;
S, F— длина хода и площадь поршня;
G— статическая нагрузка;
f, ζ— площадь сечения и суммарный коэффициент сопротивления входной и выходной линии;
m, v— масса газа в полости и его средняя по длине полости скорость;
P— давление газа на поверхность поршня;
P_c—давление газа на торцевые поверхности пневмоцилиндра;
$P_м$, $T_м$— давление и температура газа в магистрали;

P_a — давление атмосферы;
R — газовая постоянная.

Индекс «0» характеризует параметры в начальном положении.

Таким образом, система дифференциальных уравнений представляет собой обобщенную математическую модель пневматического исполнительного механизма, справедливую для любых соотношений его конструктивных параметров. В случае типовых силовых пневмоприводов, когда проходные сечения входного и выходного канала на порядок меньше площади поршня, полученная система уравнений упрощается. В результате имеем известную математическую модель пневмопривода, написанную для изотермического течения газа в полостях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гогричиани Г. В., Шипилин А. В.* Переходные процессы в пневматических системах. — М.: Машиностроение, 1986.
2. *Донской А. С.*//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1997, № 4.

Рекомендована кафедрой начертательной геометрии и графики. Поступила 29.11.96.