

*Шереметьев А. В.*

## **ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИВОДА МИКРОПЕРЕМЕЩЕНИЙ КОНТУРОШЛИФОВАЛЬНОГО ПОЛУАВТОМАТА С ЧПУ МОД. МА396Ф3**

*Работа выполнена под руководством к. т. н., доц. Лучкина В. К.*

*ГГТУ, Кафедра «Технология машиностроения,  
металлорежущие станки и инструменты»*

Для более глубокого и всестороннего изучения процессов, происходящих в исполнительской части привода микроперемещений, и оценки важнейших параметров воспользуемся аналитическим исследованием привода как системы с распределенными параметрами.

В отношении исследуемого привода аналитический метод позволяет более точно оценить такие параметры исполнительской части: запаздывание по началу движения, зависимость величины запаздывания от фазы колебаний давления в момент очередного включения, влияние жесткости силового и дозирующего сильфонов и т.д. Поскольку многие параметры зависят от конструктивных особенностей привода, необходима математическая модель, содержащая соответствующие параметры. Это позволит оценить нужные параметры на стадии проектирования с целью оптимизации конструктивного решения.

Рассмотрим случай, когда исполнительская часть привода работает без нагрузки, т.е. отсутствует перемещаемый узел.

Запишем уравнение динамики, выражающее движение центральной подвижной стенки 10 (см. рис .1), которая приводит в действие исполнительный узел, в зависимости от разности давлений рабочей жидкости в полостях 7 и 8 сильфонного гидроцилиндра:

$$m \cdot \frac{d^2 y(t)}{dt^2} = P_8(t) \cdot F_8 - P_7(t) \cdot F_7 - C_g \cdot y(t) \quad (1)$$

где  $m$  – масса центральной подвижной стенки 10;  $y(t)$  – перемещение стенки 10;  $P_7(t)$ ,  $P_8(t)$  - давление рабочей жидкости в полостях сильфонного гидроцилиндра;  $F_7$ ,  $F_8$  - эффективные площади сильфонов 7 и 8;  $C_g$  - осевая жесткость двух последовательно соединенных сильфонов ( $C_g = \frac{C_1 + C_2}{C_1 \cdot C_2}$ ).

Считаем, что питающее давление рабочей жидкости на входе сильфона 8 постоянно, т.е.:

$$P_n = const \quad (2)$$

Давление в рабочих полостях сифонного гидроцилиндра:

$$P_7(t) = P_{\text{вых}}(t) + V_{\text{вых}}(t) \cdot K_{\text{вых}}; \quad (3)$$

$$P_8(t) = P_n - V_{\text{вх}}(t) \cdot K_{\text{вх}}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{вых}}(t)$ ,  $V_{\text{вых}}(t)$  и  $K_{\text{вых}}$  - соответственно, давление, скорость движения рабочей жидкости и коэффициент местного сопротивления на выходе сифона 7;  $V_{\text{вх}}(t)$  и  $K_{\text{вх}}$  - скорость движения рабочей жидкости и коэффициент местного сопротивления на входе в сифон 8.

Расход рабочей жидкости на входе сифона 8 и на выходе сифона 7 определяется:

$$V_{\text{вх}}(t) \cdot f_1 = F_8 \cdot \left[ \frac{dy(t)}{dt} + \frac{l_8 + y(t)}{E_8} \cdot \frac{dP_8(t)}{dt} \right]; \quad (5)$$

$$V_{\text{вых}}(t) \cdot f_2 = F_7 \cdot \left[ \frac{dy(t)}{dt} + \frac{l_7 - y(t)}{E_7} \cdot \frac{dP_7(t)}{dt} \right], \quad (6)$$

где  $f_1$  - площадь сечения питающего трубопровода к сифону 8, а  $f_2$  - трубопровода, соединяющего выход сифона 7 со входом дозирующего сифона 11;  $l_7$  и  $l_8$  - длина сифонов 7 и 8 в исходном положении;  $E_7$  и  $E_8$  - приведенные модули упругости полостей сифонов 7 и 8.

Для учета волновых процессов в приводе воспользуемся системой волновых дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial P(x,t)}{\partial x} &= -\rho \cdot \frac{\partial V(x,t)}{\partial t} \\ \frac{\partial P(x,t)}{\partial t} &= -\rho \cdot c^2 \cdot \frac{\partial V(x,t)}{\partial x} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

И, наконец, опишем процессы, происходящие в дозирующем сифоне 11:

$$P_\delta(t) = P_{\delta,\text{вх}}(t) - V_{\delta,\text{вх}}(t) \cdot K_{\delta,\text{вх}}; \quad (8)$$

$$V_{\delta,\text{вх}}(t) \cdot f_2 = F_\delta \cdot \left[ \frac{dz(t)}{dt} - \frac{l_\delta + z(t)}{E_\delta} \cdot \frac{dP_\delta(t)}{dt} \right], \quad (9)$$

где  $P_\delta(t)$ ,  $K_{\delta,\text{вх}}$ ,  $F_\delta$ ,  $l_\delta$ ,  $E_\delta$  - характеристики и параметры дозирующего сифона 11, соответственно, давление, коэффициент местного сопротивления на входе, эффективная площадь, длина в исходном положении и приведенный модуль упругости;  $z(t)$  - перемещение кронштейна 13.

При работе шагового двигателя на участках с постоянной рабочей частотой в формуле (9) можно сделать замену:

$$\frac{dz(t)}{dt} = \delta \cdot f_0 \quad \text{и} \quad z(t) = \delta \cdot f_0 \cdot t,$$

где  $f_0$  - частота управляющих импульсов,  $t$  - время.

Уравнения (1) – (9) представляют собой динамическую модель привода микроперемещения для случая, когда дозирующий сильфон осуществляет слив. Аналогично, с учетом естественных особенностей, составляется динамическая модель и для всех случаев работы привода.

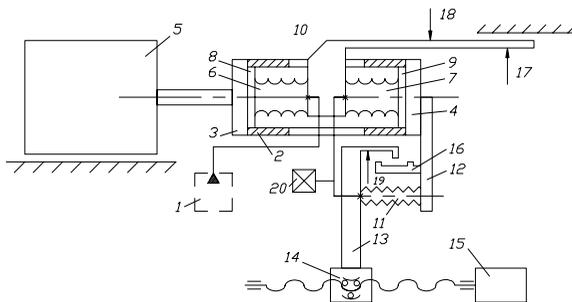


Рис. 1. Привод микроподач и микроперемещений

### Список литературы

1. Патент РФ №2073128. Лучкин В.К. Гидропривод микрошаговых перемещений. -1996. – БИ №8.
2. Шереметьев А.В. Повышение точности контуршлифовального полуавтомата с ЧПУ мод. МА396Ф3: Сборник статей магистрантов. Выпуск 2. – Тамбов: ТОГУП «Тамбовполиграфиздат»,2005. – с.11-13.
- 3.Тарко Л.М. Волновые процессы в трубопроводах гидромеханизмов. – М.: Машгиз, 1963. – 184 с.