

## О ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ МАНИПУЛЯТОРА ПРИ СОВМЕЩЕНИИ ДВИЖЕНИЙ ТРЕХ ЗВЕНЬЕВ

З.К. Емтыль, З.А. Хуако

ОАО «Майкопский машзавод», г. Майкоп

Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп

В работе излагается метод промежутков одновременного решения четырех типов неравенств с одной переменной, а также их систем.

Динамические нагрузки, преодолеваемые звеньями манипулятора в процессе работы, и технологическое время цикла погрузки-разгрузки зависят от совершенства кинематической и гидравлической схем, элементов гидроуправления, а также возможности совмещения движений звеньев и схемы совмещения.

В работе [1] обоснована эффективность совмещения движений двух звеньев стрелы и рукояти. Однако, задача решена без учета податливости рабочей жидкости и элементов гидропривода.

В работе [2] учтено влияние податливости рабочей жидкости, элементов гидропривода и утечек на динамическую нагруженность гидроманипулятора при совмещении движений двух звеньев.

Одним из путей повышения производительности и снижения динамических нагрузок является совмещение движений трёх и более звеньев гидроманипулятора. Причём степень снижения динамических нагрузок и повышения производительности будет зависеть от конкретных схем обеспечения совмещения движений: с тремя насосами (трёхконтурная гидросхема), с двумя насосами и делителем

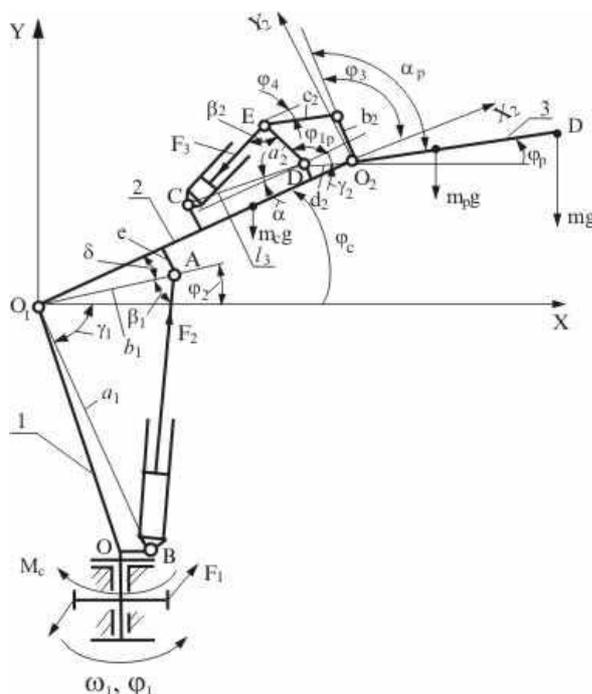


Рис. 1. Кинематическая схема гидроманипулятора:  
1 - колонна; 2 - стрела; 3 - рукоять с удлинителем.

потока (или расхода), с насосом переменной производительности, имеющим положительную обратную связь (гидравлическую) с гидрораспределителем. Для разработки реальных конструкций, обеспечивающих совместное движение трёх и более звеньев гидроманипулятора, необходимо провести теоретическое обоснование конкретной схемы совмещения.

Пренебрегая податливостью звеньев манипулятора и рассеиванием энергии запишем в общем виде систему уравнений Лагранжа (второго рода), описывающих совместное движение трёх звеньев.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} &= q_1 \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} &= q_2 \\ \frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} &= q_3 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Принимая за обобщенные координаты углы поворота звеньев  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$  запишем в развернутом виде систему дифференциальных уравнений расходов рабочей жидкости в напорных и сливных полостях гидроцилиндров колонны, стрелы, рукояти и уравнения совместных движений колонны, стрелы и рукояти манипулятора (кинематическая схема представлена на рис.1):

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= \frac{\pi d_{n_1}^2 d}{8} \dot{\varphi}_1 \mp a_{y_1} P_1 \mp K_{p_1} \dot{P}_1 \\ Q_2 &= \frac{\pi d_{n_1}^2 d}{8} \dot{\varphi}_1 \pm a_{y_1} P_2 \pm K_{p_1} \dot{P}_2 \\ Q_3 &= \frac{\pi d_{n_2}^2}{4} b_1 \cdot \sin \beta_1 \cdot \dot{\varphi}_2 \pm a_{y_2} (P_{n_2} - P_{u_2}) \pm K_{p_3} \cdot \dot{P}_3 \\ Q_4 &= \frac{\pi (d_{n_2}^2 - d_{u_2}^2)}{4} b_1 \cdot \sin \beta_1 \cdot \dot{\varphi}_2 \mp a_{y_2} (P_{n_2} - P_{u_2}) \mp K_{p_4} \cdot \dot{P}_{u_2} \\ Q_5 &= \frac{\pi d_{n_3}^2}{4} b_2 \cdot \sin \beta_2 \frac{\sin(\varphi_3 - \varphi_4)}{\sin(\varphi_{1p} - \varphi_4)} \dot{\varphi}_3 - a_{y_3} (P_{u_3} - P_{n_3}) \mp K_{p_5} \cdot \dot{P}_{n_3} \\ Q_6 &= \frac{\pi (d_{n_3}^2 - d_{u_3}^2)}{4} b_2 \cdot \sin \beta_2 \frac{\sin(\varphi_3 - \varphi_4)}{\sin(\varphi_{1p} - \varphi_4)} \dot{\varphi}_3 - a_{y_3} (P_{u_3} - P_{n_3}) \mp K_{p_6} \cdot \dot{P}_{u_3} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
& [J_{\kappa} + J_c \cos(\varphi_2 + \delta) + (J_{\rho\kappa} + m_p l_p^2 + m l_3^2) \cos^2(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) + \\
& + (m_p + m) l_2^2 \cos^2(\varphi_2 + \delta) + 2l_2(m_p l_p + m l_3) \cos(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) \times \\
& \times \cos(\varphi_2 + \delta) + J_{\rho p} ] \ddot{\varphi}_1 - [J_c \sin(\varphi_2 + \delta) - (m_p + m) l_2^2 \sin 2(\varphi_2 + \delta) - \\
& - 2l_2(m_p l_p + m l_3) \sin(\varphi_2 + \delta) \cos(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p)] \dot{\varphi}_1 \cdot \dot{\varphi}_2 - \\
& - [(J_{\rho\kappa} + m_p l_p^2 + m l_3^2) \sin 2(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) + 2l_2(m_p l_p + m l_3) \times \\
& \times \sin(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) \cos(\varphi_2 + \delta)] (\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3) \dot{\varphi}_1 = \frac{\pi d_{n_1}^2 d}{8} (P_1 - P_2) - M_c ; \\
& [J_c + (m_p + m) l_2^2] \ddot{\varphi}_2 + [J_{\rho\kappa} + (0,25m_p + m) l_3^2] (\ddot{\varphi}_2 + \ddot{\varphi}_3) + \\
& + 0,5(m_p + m) l_2 l_3 [(2\ddot{\varphi}_2 + \ddot{\varphi}_3) \cos(\alpha_p - \varphi_3) + (2\dot{\varphi}_2 + \dot{\varphi}_3) \sin(\alpha_p - \varphi_3) \dot{\varphi}_3] - \\
& - 0,5[J_c \sin(\varphi_2 + \delta) + (J_{\rho\kappa} + m_p l_p^2 + m l_3^2) \sin 2(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) + \\
& + 2(m_p l_p + m l_3) l_2 \sin(\varphi_3 + 2\varphi_2 + 2\delta - \alpha_p) + (m_p + m) l_2^2 \sin 2(\varphi_2 + \delta)] \dot{\varphi}_1^2 = \\
& = \mp \frac{\pi d_{n_2}^2}{4} P_{n_2} b_1 \sin \beta_1 \mp m_c g l_c \cos(\varphi_2 + \delta) \mp m_p g (l_2 \cos(\varphi_2 + \delta) + \\
& + l_p \cos(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p)) \mp m g (l_2 \cos(\varphi_2 + \delta) + l_3 \cos(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p)); \\
& [J_{\rho\kappa} + (0,25m_p + m) l_3^2] (\ddot{\varphi}_2 + \ddot{\varphi}_3) - (0,5m_p + m) l_2 l_3 \dot{\varphi}_2^2 \sin(\alpha_p - \varphi_3) - \\
& - 0,5(m_p l_p^2 + J_{\rho\kappa} + m l_3^2) \dot{\varphi}_1^2 \sin 2(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) + \\
& + (m_p l_p + m l_3) l_2 \dot{\varphi}_1^2 \sin(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) \cos(\varphi_2 + \delta) = \\
& = [\pm (d_{n_3}^2 - d_{u_3}^2) P_{u_3} \mp d_{n_3}^2 P_{n_3}] \frac{\pi}{4} b_2 \sin \beta_2 \frac{\sin(\varphi_3 - \varphi_4)}{\sin(\varphi_{1p} - \varphi_4)} \mp \\
& \mp m_p g l_p \cos(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p) \pm m g l_3 \cos(\varphi_3 + \varphi_2 + \delta - \alpha_p).
\end{aligned} \quad (3)$$

Совместное решение систем уравнений расходов рабочей жидкости (2) и уравнений совместного движения колонны, стрелы и рукоятки (3) позволяет получить теоретическое решение задачи, как при повороте колонны, подъёме стрелы и вращении рукоятки с удлинителем, так и при торможении движущихся звеньев. Торможение звеньев манипулятора производится путем прекращения подачи и слива рабочей жидкости, подаваемой к гидроцилиндрам поворота колонны, вращения рукоятки и подъёма стрелы,

С практической точки зрения интерес представляют процессы одновременного и отдельного движения всех звеньев.

Эффективность совмещения движений трёх звеньев можно оценить, решив задачу и сравнив динамические нагрузки и время цикла при отдельном и совместном движении звеньев.

## Литература

1. Бартепов И.М. и др. Исследование динамической нагруженности гидравлического манипулятора и обоснование целесообразности совмещения операций подъёма стрелы и вращения рукоятки. /Бартепов И.М. Емтыль З.К.. Попиков П.И. // Труды «ФОРА» (Труды Физического Общества Республики Адыгея). Майкоп. Изд-во АГУ. - 1997. - №2. - С. 96-114.

2. *Емтыль З.К., Татаренко А.П.* О влиянии податливости рабочей жидкости и элементов гидропривода на динамическую нагруженность гидроманипулятора при совмещении движений звеньев//Труды «ФОРА» (Труды Физического Общества Республики Адыгея). Майкоп. Изд-во АГУ. – 2000 . №5. - С.89-95.

## **On dynamic stress loading of manipulator where combined movement of three element**

**Z.K. Emtyl, Z.A. Khuako**

In this work the method of intervals of the simultaneous of solving of four types of inequalities with one variable is stated.