

УДК 622.232

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОСИСТЕМЕ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Гребенкин С.С., Зензеров В.И., Павлыш В.Н., Шипунова И.В.

Аннотация. Рассматривается комплексная математическая модель, описывающая динамические процессы в гидросистеме механизированных крепей. При построении модели использован принцип декомпозиции объекта моделирования.

Ключевые слова: механизированная крепь, процесс, гидросистема, математическая модель, параметр.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГІДРОСИСТЕМІ МЕХАНІЗОВАНИХ КРІПЛЕНЬ

Гребьонкін С.С., Зензеров В.І., Павлиш В.М., Шипунова І.В.

Анотація. Розглядається комплексна математична модель, що описує динамічні процеси в гідросистемі механізованих кріплень. При побудові моделі використано принцип декомпозиції об'єкту моделювання.

Ключові слова: механізоване кріплення, процес, гідросистема, математична модель, параметр.

THE MATHEMATICAL MODELING OF DYNAMICAL PROCESSES IN HYDROSYSTEM OF MECHANIZED TIMBERS

Grebyonkin S.S., Zenzerov V.I., Pavlysh V.N., Shipunova I.V.

Annotation. The complex mathematical model, that describes dynamical processes in hydrosystem of mechanized timbers. The principle of decomposition of object of modeling used for construction of mathematical model.

Key words: mechanized timber, process, hydrosystem, mathematical model, parameter.

Система передвижения механизированной крепи представляет собой гидромеханическую систему. Так как гидросистема крепи является многосекционной, то работу всей системы можно рассматривать на примере выполнения операций технологического цикла одной секцией крепи.

На рис. 1 представлена гидромеханическая схема типовой гидросистемы механизированной крепи [1, 2, 3]. Работа гидропривода

описывается двумя типами уравнений: дифференциальные уравнения движения элементов системы, составленные по принципу Даламбера, и уравнения баланса расходов, учитывающие, что жидкость в гидросистеме неразрывна и однородна.

Движение рабочей жидкости от насоса до гидрораспределителя секции крепи описывается системой трех дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} C_H \frac{dP_H}{dt} &= q(P_H) - q_H \\ \frac{m_H}{(f_H)^2} \cdot \frac{dq_H}{dt} &= P_H - \xi_H (q_H)^2 - P_1 \\ C_\Sigma \frac{dP_1}{dt} &= q_H - \sum_{i=1}^N q_{li} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где P_H – давление жидкости в напорной магистрали у насосной станции;
 P_1 – давление жидкости на входе гидрораспределителя; $q(P_H)$ – расходная характеристика насосной станции; q_H – расход жидкости в напорной гидромагистрали; q_{li} – расход жидкости в рукаве высокого давления, соединяющего гидрораспределитель с напорной полостью i -го гидроцилиндра; C_H – коэффициент упругости напорной гидромагистрали;

$$C_H = C_{mp} + C_{pvd} + C_a, \quad (2)$$

C_{mp} – коэффициент упругости металлического трубопровода; C_{pvd} – коэффициент упругости рукавов высокого давления; C_a – коэффициент упругости гидроаккумуляторов; C_Σ – суммарный коэффициент упругости рукавов высокого давления, соединяющих гидрораспределитель с напорными полостями гидроцилиндров; ξ_H – коэффициент гидравлического сопротивления напорной гидро-магистрали; m_H – масса жидкости в напорной гидромагистрали; f_H – площадь сечения напорной гидромагистрали; N – количество одновременно работающих гидроцилиндров.

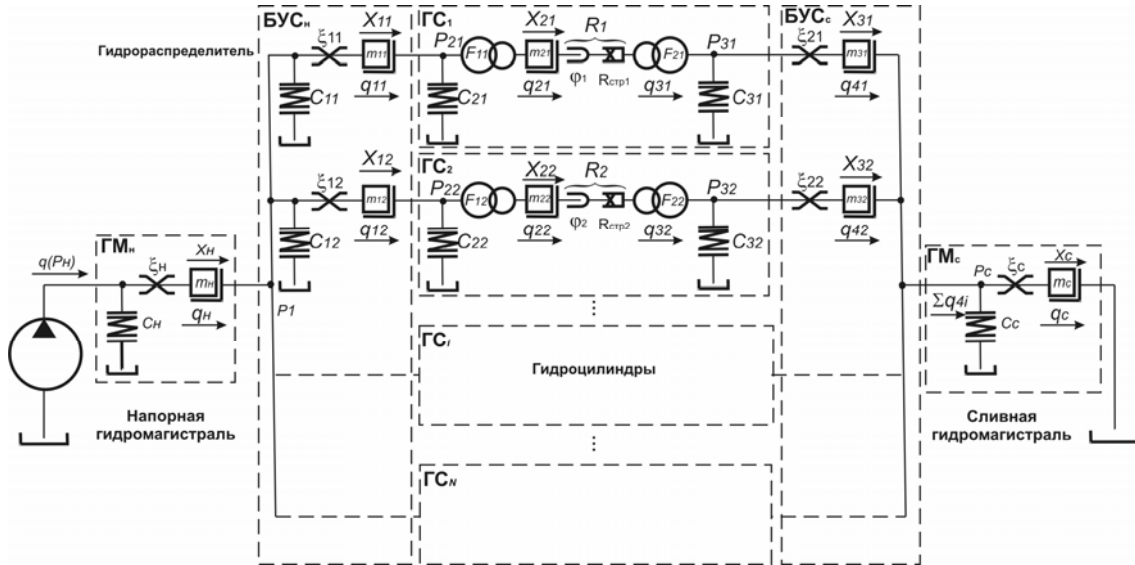


Рис. 1. Гидромеханическая схема типичной системы механизированной крепи

Математическая модель работы каждого гидроцилиндра состоит из системы шести дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{m_{1i}}{(f_{PBДi}^H)^2} \cdot \frac{dq_{1i}}{dt} &= P_1 - \xi_{1i} (q_{1i})^2 - P_{2i} \\
 C_{2i} \frac{dP_{2i}}{dt} &= q_{1i} - q_{2i} \\
 \frac{m_{2i}}{(F_{1i})^2} \cdot \frac{dq_{2i}}{dt} &= P_{2i} - \beta_i R_i (X_{2i}, \dot{X}_{2i}) - \alpha_i P_{3i} \\
 \frac{dX_{2i}}{dt} &= \beta_i q_{2i} \\
 C_{3i} \frac{dP_{3i}}{dt} &= \alpha_i q_{2i} - q_{4i} \\
 \frac{m_{3i}}{(f_{PBДi}^C)^2} \cdot \frac{dq_{4i}}{dt} &= P_{3i} - \xi_{2i} (q_{4i})^2 - P_C
 \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где P_{2i} – давление жидкости в напорной полости i -го гидроцилиндра; P_{3i} – давление жидкости в сливной полости i -го гидроцилиндра; P_C – давление жидкости в сливной гидромагистральной на выходе из гидрораспределителя; q_{2i} – расход жидкости в напорную полость i -го гидроцилиндра; q_{4i} – расход жидкости в рукаве высокого давления, соединяющего сливную полость i -го

гидроцилиндра с гидрорас-пределителем; C_{2i} , C_{3i} – соответственно коэффициенты упругости напорной и сливной полостей i -го гидроцилиндра; ξ_{1i} , ξ_{2i} – соответственно коэффициенты гидравлических сопротивлений каналов подключения i -го гидроцилиндра к напорной и сливной гидромагистралям:

$$\xi_{1i} = \xi_{byci}^H + \xi_{PBDi}^H + \xi_{ГЦi}^H, \quad (4)$$

$$\xi_{2i} = \xi_{byci}^c + \xi_{PBDi}^c + \xi_{ГЦi}^c, \quad (5)$$

ξ_{byci}^H , ξ_{byci}^c – коэффициенты гидравлического сопротивления напорного и сливного каналов блока управления; ξ_{PBDi}^H , ξ_{PBDi}^c – коэффициенты гидравлического сопротивления рукавов, соединяющих напорную и сливную полости i -го гидроцилиндра к гидрораспределителю; $\xi_{ГЦi}^H$, $\xi_{ГЦi}^c$ – коэффициенты гидравлического сопротивления входа в напорную и выхода из сливной полостей i -го гидроцилиндра; m_{1i} , m_{3i} – соответственно массы жидкости в рукавах высокого давления, соединяющих напорную и сливную полости i -го гидроцилиндра с гидрораспределителем; m_{2i} – масса, перемещаемая i -м гидроцилиндром:

$$m_{2i} = m_{ГЦi}^H + m_{BH_i} + m_{ГЦi}^c, \quad (6)$$

$m_{ГЦi}^H$, $m_{ГЦi}^c$ – массы жидкости в напорной и сливной полостях i -го гидроцилиндра (сумма этих масс постоянна при перемещении поршня гидроцилиндра); m_{BH_i} – внешняя масса передвигаемого оборудования; X_{2i} – величина перемещения поршня i -го гидроцилиндра; $f_{PBD_i}^H$, $f_{PBD_i}^c$ – площади сечений рукавов, соединяющих напорную и сливную полости i -го гидроцилиндра с гидрораспределителем;

$$\alpha_i = \frac{F_{1i}}{F_{2i}}; \quad \beta_i = \frac{1}{F_{1i}}, \quad (7)$$

F_{1i}, F_{2i} – площади напорной и сливной полостей i -го гидроцилиндра; α_i – коэффициент мультипликации i -го гидроцилиндра; $R_i(X_{2i}, \dot{X}_{2i})$ – сопротивление перемещению i -го гидроцилиндра, зависящее от самой величины перемещения X_{2i} и от скорости перемещения \dot{X}_{2i} .

Течение жидкости по сливной гидромагистральной от секции крепи в бак гидронасоса описывается системой двух дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} C_c \frac{dP_c}{dt} &= \sum_{i=1}^N q_{4i} - q_c \\ \frac{m_c}{(f_c)^2} \cdot \frac{dq_c}{dt} &= P_c - \xi_c (q_c)^2 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где q_c – расход жидкости в сливной гидромагистральной; C_c, ξ_c – соответственно коэффициенты упругости и гидравлического сопротивления сливной гидромагистральной; m_c – масса жидкости в сливной гидромагистральной; f_c – площадь сечения сливной гидромагистральной.

В математическую модель гидросистемы механизированной крепи входят семь групп параметров:

- давление жидкости в характерных точках гидросистемы;
- расход жидкости на отдельных участках гидросистемы;
- коэффициенты упругости элементов гидросистемы;
- коэффициенты гидравлических сопротивлений участков гидросистемы;
- значения массы жидкости, перемещаемой на отдельных участках гидросистемы;
- площади поперечных сечений элементов гидросистемы;
- сопротивления перемещению гидроцилиндров.

Первые две группы параметров образуют вектор начальных значений, а в процессе моделирования - результирующий вектор зависимых переменных. Коэффициенты упругости определяют расход на деформацию элементов гидросистемы и сжимаемость жидкости, заполняющей ее под давлением.

Полученная математическая модель (1), (3) и (8) позволяет решать задачи как прямых гидравлических расчетов, при которых известно потокораспределение в системе и требуется определить рациональные значения конструктивных параметров гидравлических элементов, так и обратных – известны конструктивные и технологические параметры механизированной крепи, а необходимо промоделировать динамические процессы в гидросистеме и определить время выполнения различных операций. Исследование статических и динамических характеристик отдельных гидроэлементов и гидросистем в целом позволит выявить факторы, оказывающие решающее влияние на режим работы крепи, и обосновать допущения, которые могут быть приняты в инженерных расчетах. Результатом исследований являются также модели гидроэлементов механизированной крепи, которые в различных сочетаниях и перестановках используются для расчета на ПЭВМ вариантов гидросистем крепей и станут математической базой для разработки систем автоматизированного проектирования (САПР) и систем управления гидроприводом механизированных крепей автоматизированных комплексов, обеспечивающих высокую производительность и эффективное поддержание боковых пород в различных горногеологических условиях эксплуатации.

Литература.

1. Пономаренко Ю.Ф., Баландин А.А. Инженерная методика проектного расчета параметров гидросистемы механизированных крепей. - М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1981, 22 с.
2. Расчет и конструирование гидроприводов механизированных крепей /Ю.Ф.Пономаренко, А.А.Баландин, И.Т.Богатырев и др.; Под общ.ред. Ю.Ф.Пономаренко. – М.: Машиностроение, 1961, 327 с.
3. Хандрос А.Х., Молчановекий Е.Г. Динамика и моделирование гидроприводов станков. - М.: Машиностроение, 1969, 156 с.