

УДК629.114

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЗОЛОТНИКА
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ВОЗВРАТНОЙ ПРУЖИНЫ**

**MATHEMATICAL MODEL OF THE MOVEMENT
OF THE VALVE SPOOL TO RESEARCH THE INFLUENCE
OF THE PARAMETERS OF THE RETURN SPRING**

М. И. Жилевич, канд. техн. наук, доц.,

С. В. Ермилов, ст. преп., **Д. Д. Можейко**

Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь

M. Zhylevich, Ph.D. in Engineering, Associate professor,
S. Ermilov, Senior Lecturer, Mozheiko D.D., student
Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

Составлена математическая модель, позволяющая исследовать влияние параметров возвратной пружины на движение золотника гидравлического распределителя.

A mathematical model developed to study the influence of the parameters of the return spring on the movement of the hydraulic valve spool.

Ключевые слова: математическая модель, распределитель, золотник, пружина.

Keywords: mathematical model, valve, spool, spring.

ВВЕДЕНИЕ

Связь запорного элемента гидравлического распределителя и возвратной пружины является системой «пружина-масса». В такой системе параметры возвратной пружины существенно влияют на движение золотника гидрораспределителя. В частности, неверно выбранная жесткость пружины может привести к нарушению устойчивой работы аппарата и возникновению незатухающих колебаний золотника. Наиболее велика вероятность возникновения подобного поведения запорного элемента в приводах, работающих в циклическом режиме, например – антиблокировочные системы (АБС) частота срабатывания которых достигает 10–12 Гц [1].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЗОЛОТНИКА

На рисунке 1 приведена расчетная схема, учитывающая основные силы, действующие на золотник распределителя с гидравлическим управлением: инерционная сила F_i ; сила вязкого трения $F_{в.тр}$; усилие пружины $F_{пр}$; управляющее усилие $F_{упр}$.

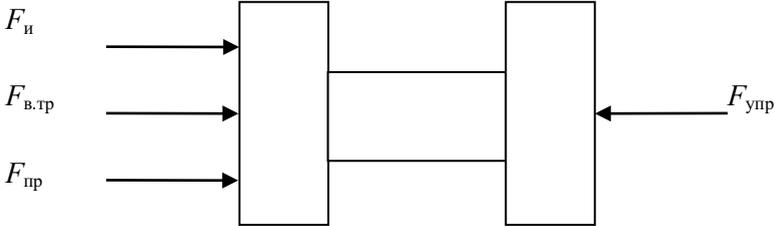


Рисунок 1 – Силы, действующие на золотник распределителя

Уравнение движения золотника распределителя без учета сил сухого трения и предварительного сжатия пружины имеет вид:

$$F_u + F_{в.тр} + F_{пр} = F_{упр}, \quad (1)$$

Распишем каждый член выражения (1):

$$F_u = m_{зол} \frac{d^2 x_{зол}}{dt^2}, \quad F_{в.тр} = k_{в.тр} \frac{dx_{зол}}{dt},$$
$$F_{пр} = c_{пр} x_{зол}, \quad F_{упр} = \frac{\pi d_{зол}^2}{4} \Delta p_{упр},$$

где $m_{зол}$ – масса золотника распределителя; $x_{зол}$ – перемещение золотника распределителя; $k_{в.тр}$ – коэффициент вязкого трения; $c_{пр}$ – жесткость пружины; $\Delta p_{упр}$ – давление управления; $d_{зол}$ – диаметр золотника.

Подставим полученные выражения в равенство (1) и, после приведения к стандартному виду, получим:

$$\frac{m_{\text{зол}}}{c_{\text{нр}}} \frac{d^2 x_{\text{зол}}}{dt^2} + \frac{k_{\text{в.мп}}}{c_{\text{нр}}} \frac{dx_{\text{зол}}}{dt} + x_{\text{зол}} = \frac{\pi d_{\text{зол}}^2}{4c_{\text{нр}}} \Delta p_{\text{упр}}. \quad (2)$$

После преобразований по Лапласу при нулевых начальных условиях выражение (2) примет вид:

$$\left(\frac{m_{\text{зол}}}{c_{\text{нр}}} s^2 + \frac{k_{\text{в.мп}}}{c_{\text{нр}}} s + 1 \right) X_{\text{зол}}(s) = \frac{\pi d_{\text{зол}}^2}{4c_{\text{нр}}} \Delta P_{\text{упр}}(s), \quad (3)$$

где s – оператор преобразования по Лапласу.

Введем обозначения:

$$\frac{m_{\text{зол}}}{c_{\text{нр}}} = T^2 \Rightarrow T = \sqrt{\frac{m_{\text{зол}}}{c_{\text{нр}}}}, \quad k = \frac{\pi d_{\text{зол}}^2}{4c_{\text{нр}}},$$

$$\frac{k_{\text{в.мп}}}{c_{\text{нр}}} = 2\zeta T \Rightarrow \zeta = \frac{k_{\text{в.мп}}}{2\sqrt{m_{\text{зол}} c_{\text{нр}}}},$$

где T – постоянная времени звена, s^{-1} ; ζ – коэффициент демпфирования звена; k – коэффициент усиления звена.

Подстановка принятых коэффициентов в выражение (3) позволяет получить передаточную функцию, описывающую движение золотника исследуемого распределителя:

$$W(s) = \frac{\Delta P_{\text{упр}}(s)}{X_{\text{зол}}(s)} = \frac{k}{T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1}. \quad (4)$$

Полученная передаточная функция (4) соответствует системе второго порядка.

Входное воздействие не зависит от конечной реакции системы [2]. Следовательно, характеристическое уравнение будет иметь следующий вид:

$$T^2 s^2 + 2\zeta Ts + 1 = 0. \quad (5)$$

Корни s_1 и s_2 уравнения (5) определяют вид переходного процесса: колебательный (система недостаточно демпфирована, s_1 и s_2 – комплексные, $0 < \zeta < 1$), аperiodический (в системе избыточное демпфирование, s_1 и s_2 – положительны и неравны, $\zeta > 1$), граничное значение (s_1 и s_2 – положительны и равны, $\zeta = 1$).

На вход системы подается единичное ступенчатое воздействие $1(t)$. Переходной процесс для системы второго порядка в общем виде описывается выражением:

$$y(t) = Ae^{s_1 t} + Be^{s_2 t}$$

где A и B – некоторые коэффициенты, методика определения которых описана в [2]; t – время, с.

Полученная математическая модель позволяет подобрать жесткость возвратной пружины и получить переходной процесс движения золотника с требуемыми показателями качества, задаваясь следующими параметрами распределителя: диаметр, ход и масса золотника, коэффициент вязкого трения. Входным воздействием является перепад давления на торцах золотника, выходным – его перемещение. Рекомендуемые пределы изменения коэффициента демпфирования ζ составляют от 0,7 до 1,0 [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Составлена математическая модель движения золотника распределителя, позволяющая исследовать влияние параметров возвратной пружины на работу запорного элемента с целью получения оптимальных характеристик переходного процесса и определения жесткости возвратной пружины в ходе разработки типоразмерного ряда модуляторов для гидравлических тормозных систем автомобилей особо большой грузоподъемности с АБС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазунов, Д. В. Анализ и тенденции развития современных тормозных систем / Д. В. Глазунов // Вестник КРСУ. 2012 – Том 12. – № 10. – С. 75–79.
2. S. Burns Roland – Advanced Control Engineering / Roland S. Burns // Oxford : Butterworth-Heinemann, 2001. – 450 p.
3. Šulc B. – Non linear modelling and control of hydraulic actuators / B. Šulc, J. A. Jan // Acta Polytechnica 2002. – Vol. 42. – No. 3. – P. 41–47.

Представлено 15.04.2021

УДК 621.785

КРИТЕРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДА ИК-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОДЛИННОСТИ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

CRITERIA FOR USING THE IR SPECTROMETRY METHOD FOR ASSESSING THE AUTHENTICITY OF LUBRICANTS

А. А. Табулин, Д. Л. Жилиянин, Н. П. Горелова, В. С. Чура,
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь
A. Tabulin, D. Zhilyanin, N. Gorelova, V. Chura,
Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus

Определены критерии использования метода ИК-спектроскопии для оценки подлинности смазочных материалов.

Criteria for using the IR spectrometry method for assessing the authenticity of lubricants have been determined.

Ключевые слова: Инфракрасная спектроскопия (FTIR), масло моторное, контрафакт.

Keywords: Infrared spectroscopy (FTIR), motor oil, counterfeit.