

КОМПОНЕНТЫ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ОПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОРШНЯ ГИДРОЦИЛИНДРА ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

В. Б. Попов

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Для формирования адекватной динамической модели нагруженного со стороны рычажного механизма (рис. 1) гидропривода ПНУ, важно иметь правильное описание движения поршня гидроцилиндра (ГЦ). При подстановке в уравнение Лагранжа второго рода выражения для кинетической энергии движущейся навесной машины (НМ) или рабочего орудия (РО), считая при этом, что обобщенная сила равна разности между силой, движущей поршень и силами сопротивления движению, после некоторых преобразований получим выражение

$$m(S)\ddot{S} + \frac{1}{2} \cdot \frac{dm(S)}{dS} \dot{S}^2 = F_{\text{дв}} - [F(S) + F_{\text{тр}}^{\text{нп}}(S)], \quad (1)$$

где S , \dot{S} , \ddot{S} – обобщенная координата (ход поршня), ее скорость и ускорение соответственно; $m(S)$ – приведенная масса; $m'(S)$ – производная от приведенной к штоку ГЦ массы по обобщенной координате; $F_{\text{дв}}$ – движущая сила; $F(S)$ – полезная нагрузка; $F_{\text{тр}}^{\text{нп}}(S)$ – приведенная сила трения.

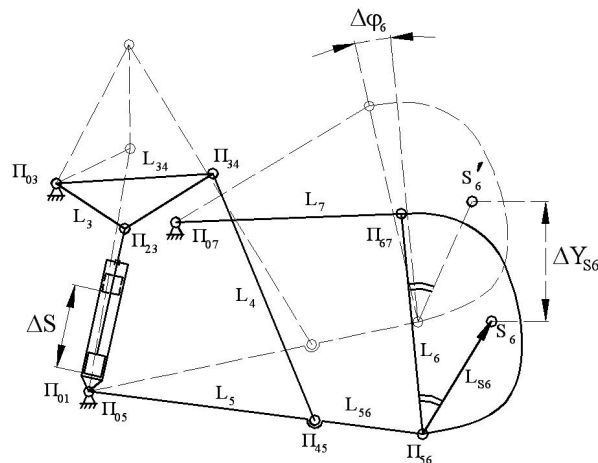


Рис. 1. Схема подъема механизмом навески навесной машины (перевод из рабочего в транспортное положение)

Рассмотрим левую часть уравнения (1), представляющую выражение для приведенной к штоку ГЦ силы инерции. Оно состоит из двух компонент: первая – известная всем, определяемая по 2-му закону Ньютона, и вторая, возникновение которой связано с изменяющимися в процессе подъема НМ параметрами МН (см. рис. 1). Первая присутствует только на этапе неустановившегося движения поршня, вторая же компонента действует постоянно. Приведенная к штоку ГЦ масса НМ определяется из выражения для кинетической энергии элементов замкнутой кинематической цепи, включающей МН и НМ:

$$m(S) = m_6 I_v^2(S) + J_6 \varphi_6'^2(S), \quad (2)$$

где m_6 , J_6 – соответственно масса и момент инерции НМ (РО); $I_v(S)$ – аналог линейной скорости центра тяжести НМ (РО); $\varphi_6'(S)$ – аналог угловой скорости НМ.

Выражение (2) также состоит из двух компонент: первая характеризует влияние массы НМ, а вторая ее момента инерции. В учебной литературе [1] первая определяется через аналог вертикальной скорости центра тяжести НМ, что справедливо только в случае плоскопараллельного подъема НМ, а стандарт [2] между тем допускает завал стойки $-\Delta\varphi_6$ до 15° (см. рис. 1), вторая компонента не учитывается. Но с появлением тяжелых и объемных адаптеров (КПР-9, КНК-500, КСН-6), агрегируемых с задними ПНУ универсальных энергетических средств (УЭС), выпускаемых ОАО «Гомсельмаш», при ограниченной мощности гидропривода необходим учет, как второй, так и более тщательный анализ влияния первой компоненты.

Аналог угловой скорости НМ представляет собой производную от угла наклона стойки (L_6) по обобщенной координате, связывающий угловые скорости подъемного рычага и НМ (РО), определяемый по выражению [3]:

$$\varphi_6'(S) = \varphi_3'(S) U_{63}(S),$$

где $\varphi_3'(S)$ – аналог угловой скорости поворотного рычага – L_3 ; $U_{63}(S)$ – передаточное отношение угловых скоростей звеньев L_6 и L_3 .

Аналог угловой скорости поворотного рычага определяется по выражению

$$\varphi_3'(S) = \frac{d\varphi_3}{dS} = \frac{2S}{\sqrt{4L_{13}^2L_3^2 - [S^2 - (L_{13}^2 + L_3^2)]^2}},$$

где L_{13} – база четырехзвенника $\Pi_{01}\Pi_{23}\Pi_{03}$ (см. рис. 1).

Передаточное отношение $U_{63}(S)$ определяется в результате кинематического анализа замкнутой кинематической цепи, выполняемого при помощи метода замкнутых векторных контуров [4]:

$$U_{63}(S) = U_{53}(S)U_{65}(S) = \frac{L_{34} \sin[\varphi_{34}(S) - \varphi_4(S)] L_{56} \sin[\varphi_5(S) - \varphi_7(S)]}{L_5 \sin[\varphi_5(S) - \varphi_4(S)] L_6 \sin[\varphi_7(S) - \varphi_6(S)]}.$$

В выражении (2) массы и моменты инерции звеньев МН не учитываются, так как они почти на два порядка меньше соответствующих параметров НМ. Аналог линейной скорости центра тяжести НМ определяется по выражению

$$I_v(S) = \frac{v_{S6}(S)}{\dot{S}},$$

где v_{S6} , \dot{S} – линейная скорость центра тяжести НМ и поршня ГЦ соответственно.

Здесь следует отметить, что поскольку $v_{S6} = \sqrt{\dot{X}_{S6}^2 + \dot{Y}_{S6}^2}$, т. е. всегда $I_v(S) \geq I_{S6}(S)$ [3], постольку определение приведенной массы НМ [1] по выражению $m(S) = m_6 I_{S6}^2(S)$ в случае агрегатирования УЭС с вышеупомянутыми тяжелыми адаптерами некорректно.

Производная от приведенной массы определяется по выражению

$$m'(S) = 2[(m_6 I_v(S) I_v'(S) + J_6 \varphi_6'(S) \varphi_6''(S))], \quad (3)$$

где $I_v'(S)$ – производная от $I_v(S)$ по обобщенной координате; $\varphi_6''(S)$ – аналог углового ускорения НМ.

$$\varphi_6''(S) = [\varphi_6'(S)]' = \varphi_3''(S)U_{63}(S) + \varphi_3(S)[U_{53}'(S)U_{65}(S) + U_{53}(S)U_{65}'(S)].$$

Здесь $\varphi_3''(S)$ – аналог углового ускорения поворотного рычага МН, определяемый как результат дифференцирования по S аналога угловой скорости $L_3 - \varphi_3'(S)$:

$$\varphi_3''(S) = \frac{2[S^4 - (L_3^2 - L_{13}^2)^2]}{\sqrt{[4L_{13}^2L_3^2 - [S^2 - (L_3^2 + L_{13}^2)]^2]^3}}.$$

Производные по обобщенной координате от функций $U_{53}(S)$, $U_{65}(S)$, $I_v(S)$ определяются по известному из курса дифференциального исчисления алгоритму.

Формализованное описание выражений для определения приведенной силы инерции позволяет точнее оценить КПД и грузоподъемность базового, модернизированного или проектируемого ПНУ, что важно при ограниченной мощности его гидропривода в случае агрегатирования УЭС (или другого мобильного энергетического средства) с тяжелыми и объемными адаптерами.

92 Секция 1. Современные технологии проектирования в машиностроении

Литература

1. Гуськов, В. В. Тракторы. Ч. III. Конструирование и расчет / В. В. Гуськов. – Минск : Выш. шк., 1981. – С. 383.
2. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0,6–8. Типы, основные параметры и размеры (Межгосударственный стандарт) : ГОСТ 10677. – Минск, 2002.
3. Попов, В. Б. Аналитические выражения кинематических передаточных функций механизмов навески энергоносителей / В. Б. Попов // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2000. – № 2. – С. 25–29.
4. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / И. И. Артоболевский. – М. : Машиностроение, 1988. – С. 640.