

**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

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

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; $F_{\text{тр}}^{\text{пр}}(S)$ – приведенная сила трения.

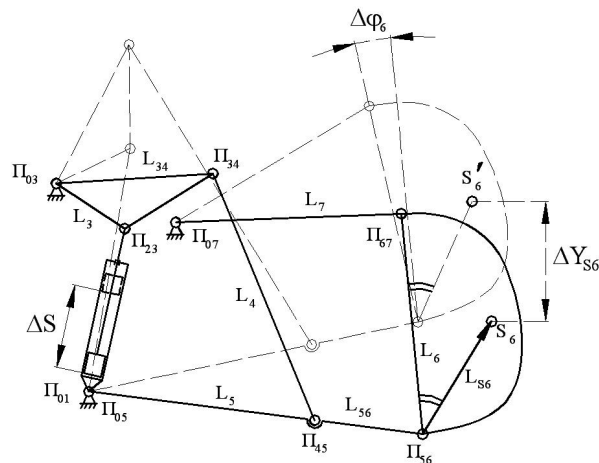


Рис. 1. Схема подъема механизмом навески навесной машины (перевод из рабочего в транспортное положение)

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.