

УДК 629.114.2-182.8

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА НАВЕСКИ ПОДЪЕМНО-НАВЕСНОГО УСТРОЙСТВА КОМБАЙНА КСК-600

В. Б. Попов

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

Агрегатирование самоходного измельчителя комбайна КСК-600, выпускаемого ЗАО СП «Брянсксельмаш», с адаптерами (Ад), осуществляется при помощи подъемно-навесного устройства (ПНУ), состоящего из гидропривода и механизма навески (МН) – основного компонента ПНУ, определяющего характер взаимодействия рамы с Ад.

Появление нового и модернизация серийных Ад изменяет требования на выходные параметры МН. Решение этой проблемы возможно в режиме автоматизированного проектирования, опирающегося на математическое моделирование. Вес Ад и удаление его центра тяжести от оси подвеса МН имеют тенденцию к росту, и заданная траектория подъема Ад воспроизводится, если обеспечена достаточная грузоподъемность ПНУ.

Преобразовав 3D-модель МН в плоский аналог, получим рычажный механизм, структура которого идентифицируется одноподвижным шестизвенником. Адаптер присоединяется к МН в четырех точках посредством поворотных рычагов и нижних тяг, а на плоскости преобразуется в выходное звено, положение центра тяжести которого однозначно связано с изменением обобщенной координаты ( $S$ ).

Для определения положения подвижных шарниров МН, аналогов угловых и линейных скоростей формируются процедуры геометрического и кинематического анализа на базе метода замкнутого векторного контура. В результате определяется аналитическое выражение для передаточного числа МН –  $I_{S4}(S)$ :

$$I_S = \varphi'_3 \left[ U_{53} L_5 \cos \varphi_5 + U_{43} L_{S4} \cos(\varphi_4 + \varphi_{S4}) \right], \quad (1)$$

где  $\varphi'_3(S)$  – аналог угловой скорости звена  $L_{34}$ ;  $U_{53}$ ,  $U_{43}$  – передаточные отношения;  $L_5$ ,  $L_{S4}$  – длина нижней тяги и расстояние от оси подвеса до центра тяжести Ад;  $\varphi_5(S)$ ,  $\varphi_4(S)$  – углы, образуемые  $L_5$ ,  $L_4$  в правой декартовой системе координат.

Выражение для передаточного числа МН позволяет определить полезную нагрузку  $F(S)$  на гидроцилиндре (ГЦ) и грузоподъемность  $G_{S4}$  ПНУ:

$$G_{S4} = \frac{p_{\text{ГЦ}}^{\text{max}} F_c - \left[ F_{\text{ин}}^{\text{пр}}(S^*) + F_{\text{тр}}^{\text{пр}}(S^*) \right]}{I_{S4}(S^*)_{\text{max}}}, \quad (2)$$

где  $p_{\text{ГЦ}}^{\text{max}}$  – максимальное давление в ГЦ;  $F_c$  – площадь поршня ГЦ;  $F_{\text{ин}}^{\text{пр}}(S^*)$  – приведенная сила инерции и  $F_{\text{тр}}^{\text{пр}}(S^*)$  – приведенная сила трения, определенные для значения обобщенной координаты, соответствующей максимуму передаточного числа.

Приведенная к штоку ГЦ сила инерции может быть определена по выражению

$$F_{\text{ин}}^{\text{пр}}(S) = m_4 a_{S4}(S) I_{S4}(S) + J_4 \varepsilon_4(S) \varphi'_4(S), \quad (3)$$

где  $a_{S4}(S)$ ,  $\varepsilon_4(S)$  – линейное и угловое ускорение;  $m_4$ ,  $J_4$  – масса и момент инерции; Ад.

Силовой анализ выполняется по группам Ассура, по известной методике. Приведенная сила трения определяется по результатам кинематического и силового анализа:

$$F_{\text{тр}}^{\text{пр}}(S) = F_{\text{тр.ц}} + r f_{\text{тр}} \left\{ \sum_{i=1}^7 R_{0i}(S) \varphi'_i(S) + \sum R_{ij}(S) [\varphi'_i(S) \pm \varphi'_{i+1}(S)] \right\}, \quad (4)$$

где  $r$  – радиус шарниров;  $f_{\text{тр}}$  – коэффициент трения;  $R_{0i}(S)$ ,  $R_{ij}(S)$  – силы реакций в шарнирах МН;  $\varphi'_i$ ,  $\varphi'_{i+1}$  – аналоги угловых скоростей звеньев МН;  $F_{\text{тр.ц}}$  – сила трения манжеты ГЦ:

$$F_{\text{тр.ц}} = \pi D l f_c p_m,$$

где  $D$  – диаметр поршня ГЦ;  $l$  – ширина манжеты;  $f_c$  – коэффициент трения манжеты о гильзу ГЦ;  $p_m$  – среднее давление в напорной полости ГЦ.