УДК 629.33

Математическая модель динамики торможения ковшового погрузчика

Евдокимова В.С., Сафонов А.И.
Белорусский национальный технический университет

Для ковшового погрузчика вес перемещаемого груза и его положение в пространстве оказывают существенное влияние на перераспределение сцепного веса, которое в динамике может значительно изменять баланс нормальных реакций на колесах машины и оказывать влияние на эффективность торможения. Как известно, для обеспечения высокой эффективности замедления и устойчивости машины при торможении требуется соответствующее этому изменение баланса тормозных сил на колесах. Идеальным распределением тормозных сил между осями является распределение, обеспечивающее коэффициент соотношении этих сил, определяемый следующим уравнением:

$$\beta = \frac{b}{L} + \varphi \frac{h}{L}$$

где L-продольная колесная база погрузчика, b- расстояние от задней оси до проекции центра масс на горизонтальную плоскость, h- высота центра масс автомобиля, ц- текущее значение коэффициента сцепления колес с дорогой. Данное выражение подчеркивает необходимость учета смещения центра масс погрузчика при математическом моделировании процесса торможения и регулировании тормозных усилий в процессе работы привода тормозной системы.

В этой связи на основании расчетной схемы, с применением уравнения Лагранжа II-го рода была разработана математическая модель динамики торможения ковшевого погрузчика, учитывающая вариации положения груза и податливость механизма подъема стрелы.

$$\begin{cases}
(m_1 + m_2 + m_3 + m_0 + m_4)x'' = F_1 + F_2 \\
\ddot{z}_1 m_1 = C_{m_1}(h_1 - z_1) + C_{n_1}(z_1 - z_0 + \alpha l_1) + K_{m_1}(\dot{h}_1 - \dot{z}_1) + K_{n_1}(\dot{z}_1 - \dot{z}_0 + \dot{\alpha} l_1) \\
\ddot{z}_2 m_2 = C_{m_2}(h_2 - z_2) + C_{n_2}(z_2 - z_0 + \alpha l_2) + K_{m_2}(\dot{h}_2 - \dot{z}_2) + K_{n_2}(\dot{z}_2 - \dot{z}_0 + \dot{\alpha} l_2) \\
\ddot{z}_0 (m_3 + m_0 + m_4) = C_{n_1}(z_1 - z_0 + \alpha l_1) + C_{n_2}(z_2 - z_0 - \alpha l_4) + C_{r_1}(h_3 - z_3 \sin(\alpha_1) + \alpha l_7) \\
\quad + C_{r_2}(h_4 - z_4 \cos(\alpha_2) + \alpha(l_7 + l_8)) + K_{n_1}(\dot{z}_1 - \dot{z}_0 + \dot{\alpha} l_1) + K_{n_2}(\dot{z}_2 - \dot{z}_0 - \dot{\alpha} l_4) + \\
\quad + K_{r_1}(\dot{h}_3 - \dot{z}_3 \sin(\alpha_1) + \dot{\alpha} l_7) + K_{r_2}(\dot{h}_4 - \dot{z}_4 \cos(\alpha_2) + \dot{\alpha}(l_7 + l_8)) \\
\ddot{z}_3 \left(\frac{J_3 \sin(\alpha_1)}{l_3} + \frac{J_4^E \sin(\alpha_1)}{l_3} \right) = C_{r_1}(h_3 - z_3 \sin(\alpha_1) + \alpha l_7) + K_{r_1}(\dot{h}_3 - \dot{z}_3 \sin(\alpha_1) + \dot{\alpha} l_7) \\
J_4^E \cos(\alpha_2) \frac{l_5\, AP}{l_6\, BP\, CB} \ddot{z}_4 = C_{r_2}(h_4 - z_4 \cos(\alpha_2) + \alpha(l_7 + l_8)) + K_{r_2}(\dot{h}_4 - \dot{z}_4 \cos(\alpha_2) + \dot{\alpha}(l_7 + l_8)) \\
J_\Sigma \ddot{\alpha} = C_{r_1}(h_3 - z_3 \sin(\alpha_1) + \alpha l_7) + C_{r_2}(h_4 - z_4 \cos(\alpha_2) + \alpha(l_7 + l_8)) + \\
\quad + K_{r_1}(\dot{h}_3 - \dot{z}_3 \sin(\alpha_1) + \dot{\alpha} l_7) + K_{r_2}(\dot{h}_4 - \dot{z}_4 \cos(\alpha_2) + \dot{\alpha}(l_7 + l_8))
\end{cases}$$