

Распопов С.В. Николаенко Н.С. Гурвич Ю.А.

Белорусский национальный технический университет

Предпосылки формирования механико-математической модели поворота шарнирно-сочлененной машины с двумя осями

Исследований, посвященных изучению динамики поворота шарнирно-сочлененных колесных машин на стадии их проектирования. Данная работа посвящена исследованию маневренности подземного самосвала БелАЗ-75800 (Рис.1). В основу конструкции положен классический для подземных машин принцип компоновки: одноосный моторный модуль, шарнирно соединенный с грузовой задней частью.

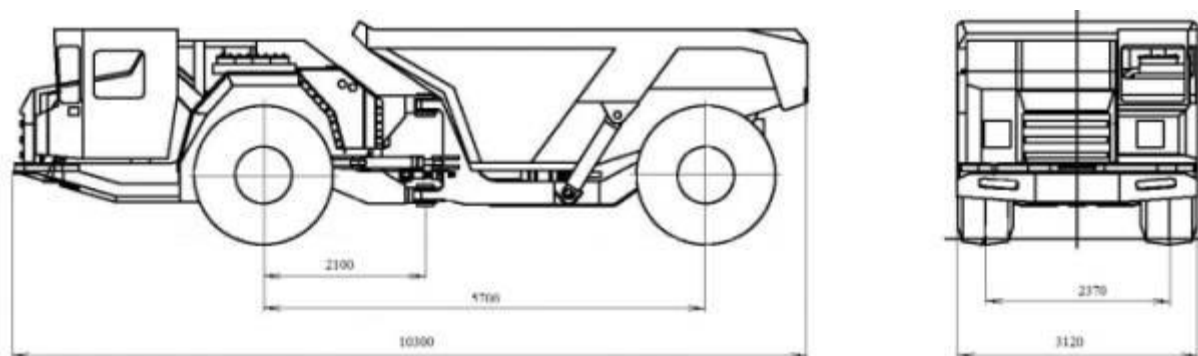


Рис. 1. Габаритные размеры самосвала БелАЗ-75800

Объективным показателем процесса поворота являются траектории движения характерных точек машины. По виду траекторий можно судить об устойчивости движения машины на повороте, о вписываемости в заданный динамический коридор движения при различных управляющих воздействиях (угловая скорость складывания). При выводе дифференциальных уравнений движения самосвала сделаны следующие допущения:

- подвеска обоих мостов жесткая и центры тяжести секций располагаются в продольных вертикальных плоскостях симметрии;
- гироскопические моменты на колесах и силу сопротивления воздуха не учитывают.

В процессе неустановившегося поворота каждое из колес машины движется по криволинейной траектории переменного радиуса. Боковые

силы, действующие на колесе каждого моста, суммируются и в виде P_{δ_1} , P_{δ_2} прикладываются к соответствующей оси (углы увода оси δ_1 и δ_2).

На рис. 2 представлена расчетная схема поворота машины с одним ведущим мостом, где точки O_i - мгновенные центры скоростей i -й секции ($i = \overline{1,2}$); A, D - середины центров осей колёс; B, C - центры тяжести секций машины; φ_i - углы курса i -й секции; θ - угол складывания; R_i - радиусы поворота i -й секции; P'_{fi}, P''_{fi} - силы сопротивления прямолинейному движению; P_{d1}, P_{d2} - движущие силы на приводных колёсах.

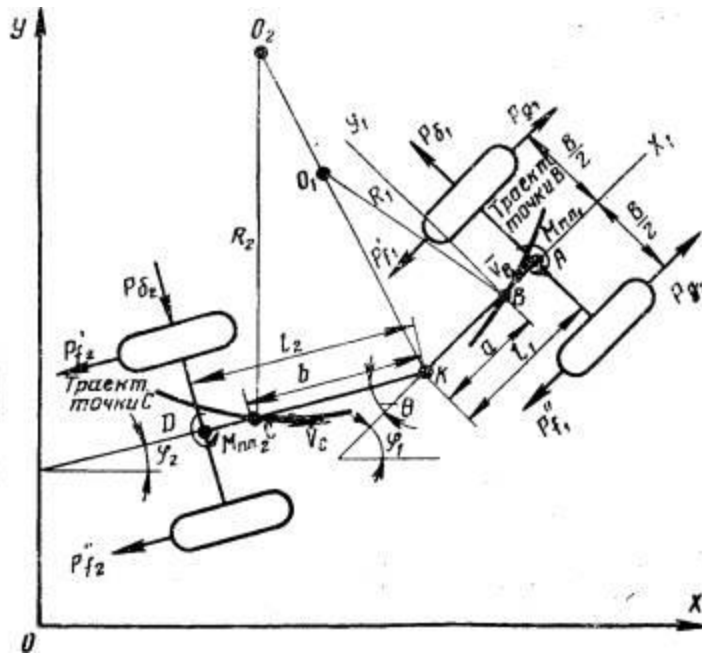


Рис. 2. Расчетная схема поворота шарнирно-сочлененной машины с одним ведущим мостом

Для вывода уравнений движения машины используем уравнения Лагранжа II рода.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_i} = Q_{xi}, \quad (1)$$

где x_i - обобщенные координаты; T - кинетическая энергия; Q_{xi} - обобщенные силы.

Положение шарнирно-сочлененной машины на плоскости определяется четырьмя обобщенными координатами: координаты центра масс передней секции X_B и Y_B ; угол курса передней секции φ_1 и угол складывания $\theta = \dot{\theta}t$ (Рис. 3), где $\dot{\theta} = \text{const}$.

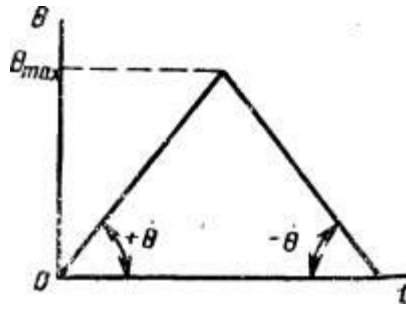


Рис. 3. Закон изменения угла складывания

Кинетическая энергия всей машины равна сумме кинетических энергий передней и задней секций

$$T = \left(\frac{I_1 \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{m_1 \dot{x}_B^2}{2} + \frac{m_1 \dot{y}_B^2}{2} \right) + \left(\frac{I_2 \dot{\varphi}_2^2}{2} + \frac{m_2 \dot{x}_C^2}{2} + \frac{m_2 \dot{y}_C^2}{2} \right). \quad (2)$$

Кинетическая энергия машины в функции обобщённых координат имеет вид:

$$T = \left[\frac{I_1 + I_2}{2} + \frac{m_2}{2} (a^2 + b^2 + 2ab \cos \theta) \right] \dot{\varphi}_1^2 + \frac{m_1 + m_2}{2} \dot{x}_B^2 + \frac{m_1 + m_2}{2} \dot{y}_B^2 + \frac{m_2 b^2 + I_2}{2} \dot{\theta}^2 - (I_2 + m_2 b^2 + m_2 ab \cos \theta) \dot{\varphi}_1 \dot{\theta} - m_2 b \dot{\theta} [\dot{x}_B \sin(\varphi_1 - \theta) - \dot{y}_B \cos(\varphi_1 - \theta)] + m_2 \dot{\varphi}_1 \{ a(\dot{x}_B \sin \varphi_1 - \dot{y}_B \cos \varphi_1) + b[\dot{x}_B \sin(\varphi_1 - \theta) - \dot{y}_B \cos(\varphi_1 - \theta)] \}. \quad (3)$$