

## Результаты исследования движения двухосной сочлененной машины с помощью её механико-математической модели

Дифференциальные уравнения поворота машины в общем виде принимают вид:

$$(m_1 + m_2)\ddot{x}_B + m_2\ddot{\varphi}_1[a \sin\varphi_1 + b\sin(\varphi_1 - \theta)] + m_2b(\dot{\varphi}_1 - \theta)^2 \cos(\varphi_1 - \theta) + m_2a\dot{\varphi}_1^2 \cos\varphi_1 = (P_{д1} + P_{д2} - P'_{f1} - P''_{f1})\cos\varphi_1 - (P'_{f1} + P''_{f1})\cos(\varphi_1 - \theta) - P_{\delta1}\sin\varphi_1 + P_{\delta2}\sin(\varphi_1 - \theta) \quad (4)$$

$$(m_1 + m_2)\ddot{y}_B - m_2\ddot{\varphi}_1[a \cos\varphi_1 + b\cos(\varphi_1 - \theta)] + m_2b(\dot{\varphi}_1 - \theta)^2 \sin(\varphi_1 - \theta) + m_2a\dot{\varphi}_1^2 \sin\varphi_1 = (P_{д1} + P_{д2} - P'_{f1} - P''_{f1})\sin\varphi_1 - (P'_{f1} + P''_{f1})\sin(\varphi_1 - \theta) - P_{\delta1}\cos\varphi_1 - P_{\delta2}\cos(\varphi_1 - \theta) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & [I_1 + I_2 + m_2(a^2 + b^2 + 2ab \cos\theta)]\ddot{\varphi}_1 + m_2\dot{\varphi}_1[a \sin\varphi_1 + b\sin(\varphi_1 - \theta)] - \\ & - m_2\ddot{y}_B[a \cos\varphi_1 + b\cos(\varphi_1 - \theta)] - m_2ab\dot{\theta} \sin\theta(2\varphi_1 - \theta) = \\ & = (P_{д1} - P_{д2} + P'_{f1} - P''_{f1})\frac{B}{2} - (P'_{f1} + P''_{f1})a \sin\theta + P_{\delta2} a \cos\theta - \\ & M_{пл1} \end{aligned} \quad (6)$$

Определим силовые параметры, входящие в уравнения движения (4) - (6).

Движущие силы на каждом колесе определяются из соотношений:

на левом и правом колесах:

$$P_{д1} = \frac{P_{д}}{2} - \ddot{\psi}_1 mr_k \delta_k, \quad P_{д2} = \frac{P_{д}}{2} - \ddot{\psi}_2 mr_k \delta_k. \quad (7)$$

Угловые ускорения вращения колес составляют:

$$\ddot{\psi}_1 = \frac{\ddot{x}_A \cos\varphi_1 + \ddot{y}_A \sin\varphi_1 - \ddot{\varphi}_1 \frac{B}{2}}{r_k}, \quad \ddot{\psi}_2 = \frac{\ddot{x}_A \cos\varphi_1 + \ddot{y}_A \sin\varphi_1 + \ddot{\varphi}_1 \frac{B}{2}}{r_k}, \quad (8)$$

где

$$\ddot{x}_A = \ddot{x}_B - (l_1 - a)\ddot{\varphi}_1 \sin\varphi_1 - (l_1 - a)\dot{\varphi}_1^2 \cos\varphi_1,$$

$$\ddot{y}_A = \ddot{y}_B + (l_1 - a)\ddot{\varphi}_1 \cos\varphi_1 - (l_1 - a)\dot{\varphi}_1^2 \sin\varphi_1.$$

Подставив выражение (8) в уравнения (7), определим движущих сил.

Боковые силы, действующие на мосты машины имеют вид:

$$P_{\delta1} = -K_{\delta1} \delta_1, \quad P_{\delta2} = K_{\delta2} \delta_2.$$

Углы увода секций  $\delta_1$  и  $\delta_2$  определяем из выражений:

$$\delta_1 = \arcsin \frac{\dot{x}_A \sin \varphi_1 + \dot{y}_A \cos \varphi_1}{\sqrt{\dot{x}_A^2 + \dot{y}_A^2}},$$

$$\delta_2 = \arcsin \frac{\dot{x}_D \sin(\varphi_1 - \theta) + \dot{y}_D \cos(\varphi_1 - \theta)}{\sqrt{\dot{x}_D^2 + \dot{y}_D^2}}$$

где

$$\dot{x}_A = \dot{x}_B - (l_1 - a)\dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1, \quad \dot{y}_A = \dot{y}_B + (l_1 - a)\dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1,$$

$$\dot{x}_D = \dot{x}_B + a\dot{\varphi}_1 \sin \varphi_1 + l_2(\dot{\varphi}_1 - \dot{\theta}) \sin(\varphi_1 - \theta),$$

$$\dot{y}_D = \dot{y}_B - a\dot{\varphi}_1 \cos \varphi_1 - l_2(\dot{\varphi}_1 - \dot{\theta}) \cos(\varphi_1 - \theta).$$

При повороте машины за счет действия центробежных сил происходит перераспределение вертикальных реакции по колесам моста. Силы сопротивления прямолинейному движению:

левого и правого колес переднего моста

$$P'_{f1} = f_{np} \left( \frac{P_{z1}}{2} - P_{\delta_1} \frac{h_1}{B} \right), \quad P''_{f1} = f_{np} \left( \frac{P_{z1}}{2} + P_{\delta_1} \frac{h_1}{B} \right),$$

левого и правого колес заднего моста

$$P'_{f2} = f_{np} \left( \frac{P_{z2}}{2} - P_{\delta_2} \frac{h_2}{B} \right), \quad P''_{f2} = f_{np} \left( \frac{P_{z2}}{2} + P_{\delta_2} \frac{h_2}{B} \right),$$

где  $f_{np}$  – коэффициент сопротивления прямолинейному движению;  $P_{zi}$  – вертикальная нагрузка на  $i$ -й мост машины;  $h_i$  – высота центра тяжести  $i$ -го моста.

В итоге получили замкнутую систему дифференциальных уравнений, которую решаем методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности.

На рисунках 4 и 5 приведены траектории центров масс передней и задней секций самосвала.

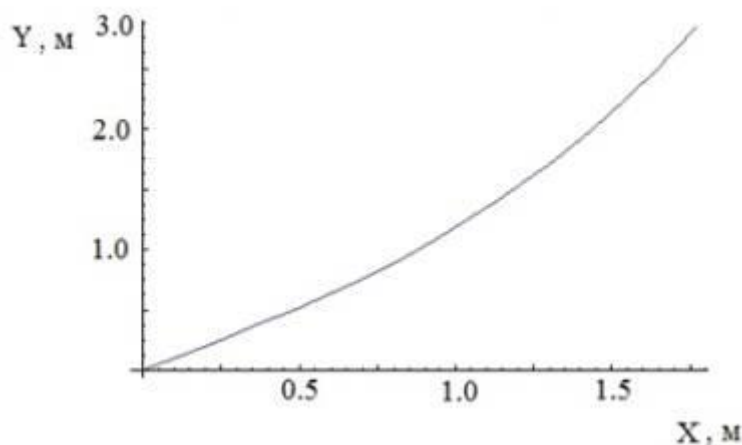


Рис. 4. Траектория движения центра масс передней секции (точка В) при входе в поворот

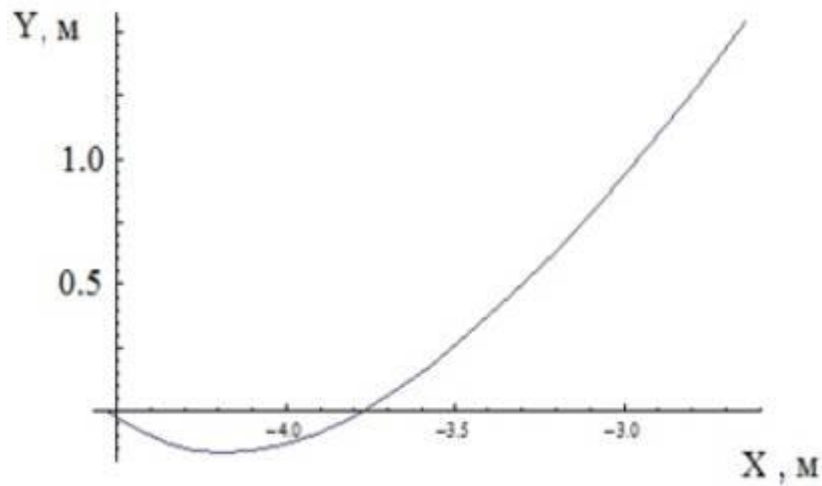


Рис. 5. Траектория движения центра масс задней секции (точка С) при входе в поворот

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов П.В. Многоосные автомобили.- М.: Машиностроение, 1989г.
2. Скокан А.Н. Исследование поворота шарнирно-сочленённых колёсных машин.- М.: ЦНИИЕЭстроймаш, 1973г.
3. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин.- М.: Машиностроение, 1981г.
4. Фаробин Я.Е. Теория поворота транспортных машин.- М.: Машиностроение, 1970г.