

Басс К.М., к.т.н., доцент, Плахотник В.В. к.т.н., доцент, Кривда В.В., аспирант
каф. ААХ

(Государственное ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ КАРЬЕРНОГО АВТОСАМОСВАЛА

Особенностью динамики автомобиля, как сложной многомассной системы является то, что при различных режимах движения влияние механических характеристик отдельных элементов машины проявляется в различной степени [1].

Так можно допустить, что при прямолинейном движении автомобиля по дороге без бокового уклона, механические характеристики колес, расположенные на одной оси и соответствующих подвесках одинаковы. В этом случае расчетную схему автосамосвала можно представить в виде системы трех тел (рис.1), на которые наложены упругие и неупругие связи, моделирующие характеристики колес и подвесок. Взаимодействие с дорожным покрытием выражается через нормальные реакции R_1 и R_2 , а так же силы сопротивления качению F_{k1} и F_{k2} , кроме того, на схеме обозначено:

a, b, c – размеры определяющие положение центра масс автомобиля, относительно осей колес и полотна дороги;

c_1, c_2 – жесткости коле по нормали;

$c_{11}, c_{21}, \mu_1, \mu_2$ – коэффициенты жесткости и диссипации передней и задней подвесок;

Z_3 – перемещение поддресоренной массы автомобиля;

Z_1, Z_2 – смещение осей колес;

X_3 – перемещение центра масс автомобиля по курсу;

φ_3 – угол поворота кузова относительно оси, проходящей через центр масс;

m_1, m_2, J_1, J_2 – массы и моменты инерции колес;

m_3, J_3 – масса и момент инерции автомобиля;

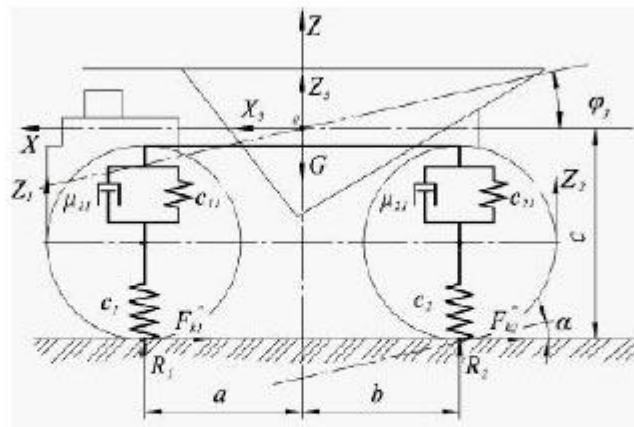


Рисунок 1 – Расчетная схема карьерного автосамосвала

Движение автомобиля рассматриваем в плоскости XOZ , проходящей через продольную ось автомобиля.

Для составления уравнения движения воспользуемся уравнением Лагранжа второго рода [1, 2]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} + \frac{\partial \Delta}{\partial \dot{q}_i} = Q_i \quad (1)$$

где: при составлении выражений для кинематической T и потенциальной энергии Π , диссипативной функции Δ , были использованы значения масс и моментов инерции m_1, m_2, J_1, J_2 передних и задних колес, массы и момента инерции кузова m_3, J_3 . В качестве обобщенных координат были выбраны $Z_1, Z_2, Z_3, x, \varphi$. При вычислении обобщенных сил определялась работа сил тяжести, момента двигателя M_g , сил направления качению.

После подстановки в уравнение (1), получена система пяти дифференциальных уравнений второго порядка.

$$\begin{cases} m\ddot{x} - f_k(m_1\ddot{Z}_1 + m_2\ddot{Z}_2 + m_3\ddot{Z}_3) = \frac{M_g}{r} + mg(\sin\alpha - f \cos\alpha) \\ m_1\ddot{a}_1 - m_0k_0\ddot{a}_0 + c_{21}\mu_{21}(\ddot{a}_1 - \ddot{a}_2 + \varphi\ddot{b}) + (c_{11} + c_{21})\ddot{a}_1 - c_{11}(\ddot{a}_1 - \varphi\ddot{a}) = \varphi \cos\alpha (m_1 - m_2k_0) \\ m_2\ddot{a}_2 - m_0k_0\ddot{a}_0 + c_{12}\mu_{12}(\ddot{a}_2 - \ddot{a}_1 - \varphi\ddot{b}) + (c_{12} + c_{21})\ddot{a}_2 - c_{21}(\ddot{a}_2 - \varphi\ddot{b}) = \varphi \cos\alpha (m_2 + m_0k_0) \\ m_3\ddot{a}_3 - c_{11}\mu_{11}(\ddot{a}_1 - \ddot{a}_2 - \varphi\ddot{a}) - c_{21}(\ddot{a}_2 - \ddot{a}_1 + \varphi\ddot{b}) - c_{11}(\ddot{a}_1 - \ddot{a}_2 - \varphi\ddot{a}) - c_{21}(\ddot{a}_2 - \ddot{a}_1 + \varphi\ddot{b}) = m_3g \cos\alpha \\ J_3\ddot{\varphi} - c_{11}\mu_{11}a(\ddot{a}_1 - \ddot{a}_2 - \varphi\ddot{a}) + c_{21}\mu_{21}b(\ddot{a}_2 - \ddot{a}_1 + \varphi\ddot{b}) - c_{11}a(\ddot{a}_1 - \ddot{a}_2 - \varphi\ddot{a}) + c_{21}b(\ddot{a}_2 - \ddot{a}_1 + \varphi\ddot{b}) = 0 \end{cases} \quad (2)$$

где обозначено:

$m = m_1 + m_2 + m_3$ – масса автосамосвала;

r – радиус колес;

f_k – коэффициент сопротивления качению, зависит от состояния дороги;

$k_0 = a/(a+b)$ – коэффициент определяющий положение центра тяжести кузова относительно осей колес;

$Z_0 = (Z_2 - Z_1)k_0 + Z_3$ – абсолютное перемещение центра масс кузова по нормали;

Интегрирование системы уравнений (2), дает зависимости позволяющие оценить влияние продольного уклона дороги на движение автомобиля от значения массы и положения центра масс кузова автомобиля при наличии груза и без него, состоянии дороги, а так же дать рекомендации, обеспечивающие требуемую техническую скорость.

Список литературы

1. Бутенин Н.В. и др. Курс теоретической механики: Учеб. пособие для студ.-ов вузов по техн. спец.: В 2-х т./Н.В.Бутенин, Я.Л.Луниц, Д.Р.Меркин. СПб.: Лань. – 5-е изд., испр.-1998.-729 с.
2. Цыви́льский В.Л. Теоретическая механика: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2001. -318 с.
3. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. – М.: Машиностроение, 1990.– 352 с.
4. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: Учеб. для вузов/С.М.Тарг.-15-е изд., стер.-М.:Высш.шк.,2005.-415 с.
5. Теоретическая механика: Сб.научно-метод.ст./М-во образования РФ. Научно-метод. совет по теорет.механике. Моск. гос. ун-т им.М.В.Ломоносова, Ин-т механики; Под ред. Ю.Г.Мартыненко. -М.:Изд-во МГУ.-Вып.25.-2004.-213 с.