

Э. И. ЯСЮКОВИЧ

ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Статистическое моделирование объекта сводится к построению математической модели и алгоритма, имитирующих его поведение с учетом случайных входных воздействий и воздействий внешней среды, и реализации этого алгоритма с использованием программно-технических средств. Результаты моделирования представляются в виде реализации некоторого случайного процесса, статистическая обработка которых позволяет определить характеристики функционирования объекта.

В настоящей работе рассматривается математическая модель вертикальной динамики и курсового движения трехосной колесной машины со всеми управляемыми колесами при движении ее по опорной поверхности со случайным микропрофилем. Математическая модель состоит из динамических уравнений (1) и уравнений кинематических связей.

$$\left. \begin{aligned}
 \ddot{x}_c &= [-\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Y_{ij} \sin(\varphi + \Theta_{1j} - \delta_{1j}) + \sum_{j=1}^2 Y_{3j} \sin(\varphi - \delta_{3j})] / m; \\
 \ddot{y}_c &= [\sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Y_{ij} \cos(\varphi + \Theta_{1j} - \delta_{1j}) - \sum_{j=1}^2 Y_{3j} \cos(\varphi - \delta_{3j})] / m; \\
 \ddot{\varphi} &= \left\{ \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 Y_{ij} [l_1 \cos(\Theta_{1j} - \delta_{1j}) \pm d_{ij} \sin(\Theta_{1j} - \delta_{1j})] - \right. \\
 &\quad \left. - \sum_{j=1}^2 Y_{3j} (l_3 \sin \delta_{3j} \pm d_{3j} \sin \delta_{3j}) \right\} / J_z; \\
 z_c &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 P_{ij} / m; & \ddot{z}_i &= (P_i - P_{mi}) / m_i, \quad i = 1 \dots 6; \\
 \ddot{\psi} &= \sum_{i=1}^3 (-P_{i1} d_{i1} + P_{i2} d_{i2}) / J_x; & \ddot{\Phi} &= \sum_{i=1}^3 (P_{i1} l_i + P_{i2} l_2) / J_y.
 \end{aligned} \right\} (1)$$

В модели (1) приняты следующие обозначения: x_c, y_c, z_c – обобщенные координаты перемещений центра масс автомобиля по продольной, поперечной и вертикальной осям; $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ – вертикальные перемещения центров колес: левого и правого передней оси, левого и правого средней оси, левого и правого задней оси, соответственно; φ, ψ, Φ – курсовой угол, углы бокового и продольного крена автомобиля; m – поддрессоренная масса автомобиля; m_i – масса i -го колеса; d_{ij} – половина j -ой колеи i -ой оси;

J_x, J_y, J_z – центральные моменты инерции автомобиля; θ_{ij} – угол поворота j -го управляемого колеса i -й оси.

Для определения боковых реакций опорной поверхности на колеса автомобиля при его криволинейном движении разработаны уравнения кинематических связей, которые состоят из 6 дифференциальных уравнений первого порядка.

Математическая модель учитывает возможность моделирования движения автомобиля практически по любой траектории, которая задается законом поворота его управляемых колес.

Для проведения статистических испытаний разработано программное обеспечение, позволяющее выполнить интегрирование уравнений математической модели курсового движения автомобиля по опорной поверхности со случайным микропрофилем.

Имитационное моделирование проводилось на интервале времени 50 и более секунд с различными значениями массогеометрических параметров по различным траекториям движения. Результаты моделирования выводились в виде численных значений: моментов времени, обобщенных координат, их скоростей, а также боковых реакций опорной поверхности на движители колесной машины.

По результатам моделирования формируются динамические характеристики перечисленных выше параметров. Один из фрагментов имитационного моделирования курсового движения трехосной колесной машины со всеми управляемыми колесами по траектории "переставка" со скоростью 8 м/с представлен на рис. 1.

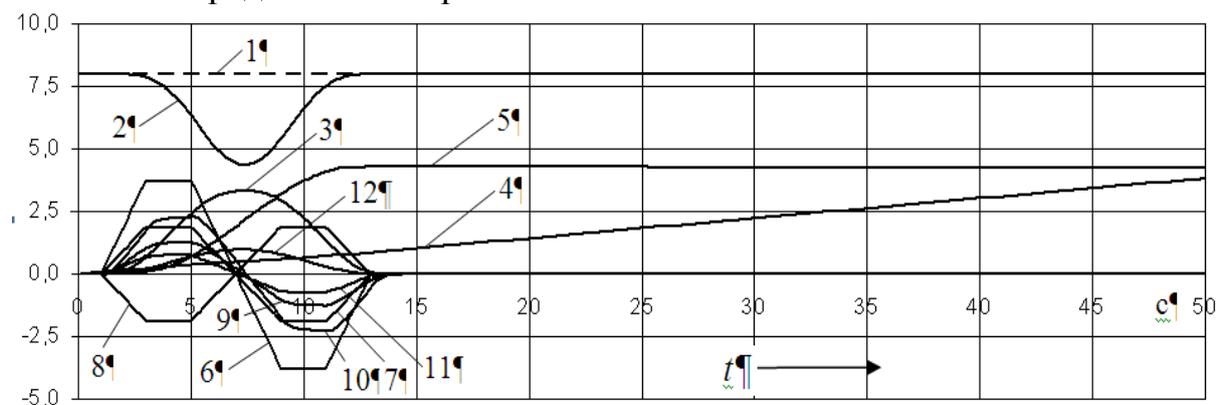


Рис. 1. Фрагмент варианта имитационного моделирования курсового движения трехосного автомобиля со всеми управляемыми колесами по траектории "Переставка": 1 – модуль скорости движения колесной машины, м/с; 2, 3 – скорости перемещения центра масс колесной машины по осям OX и OY , соответственно, м/с; 4, 5 – уменьшенные в 100 и 10 раз перемещения центра масс колесной машины по осям OX и OY , соответственно, м; 6, 7, 8 – увеличенные в 75 раз углы поворота управляемых колес: передних, среднего и заднего мостов, соответственно, рад; 9, 10, 11 – увеличенные в 40 раз углы увода колес: передних, среднего моста и задних, соответственно, рад; 12 – курсовой угол, рад.