

Таковы основные факторы, влияющие на повышение мотивации процесса обучения при использовании компьютерных тестирующих программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аванесов, В.С. Современные методы обучения и контроля знаний / В.С. Аванесов. – М.: Адепт, 2002. – 125 с.
2. Тесты проверки знаний: этапы разработки / сост. Н.П. Радчикова. – Минск: РИВШ. 2007. – 30 с.

УДК 629.114.2

Картошкина Т.Э., Лещова Е.Л.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНИМАЦИИ ПРОЦЕССОВ КУРСОВОГО ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Белорусско-Российский университет, г. Могилев, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Ясюкович Э.И.

В статье рассмотрена методика построения имитационной модели, алгоритма и программного обеспечения для расчетных исследований курсового движения трехосного автомобиля с управляемыми колесами на передней и средней осях, а также формирования анимационного образа его движения.

Основными свойствами автомобиля, отвечающими за его безопасность, являются курсовая устойчивость и управляемость, которые определяются его основными параметрами [1]. В настоящей работе рассматривается методика имитационного моделирования курсового движения автомобилей по различным траекториям и категориям дорог. При этом движение рассматривается как управляемое, но не корректируемое водителем, т.е. закон поворота управляемых колес определяется заранее и не корректируется в процессе движения. Программное обеспечение включает два модуля, первый из которых выполняет имитационное моделирование курсового движения автомобиля по заданным траектории и микропрофилю дороги, а второй по результатам первого формирует анимационный образ движущегося автомобиля.

Имитационная модель курсового движения автомобиля составлена на основе расчетной схемы автомобиля с передними управляемыми колесами, рис. 1, и содержит из динамических уравнений и уравнений кинематических связей ее колес с опорной поверхностью [2]. Динамические уравнения получены на основе математической схемы Лагранжа второго рода. Для

составления уравнений кинематических связей, в рассмотрение был введен угол увода δ_i между проекцией продольной диаметральной линии обода i -го колеса на опорную поверхность и направлением его скорости в центре пятна контакта шины, имеющий направление, противоположное углу поворота обода колеса относительно его вертикальной оси.

В данной работе рассматривается стационарное движение автомобиля с заданной начальной скоростью, поэтому реакциями связей являются только боковые реакции опорной поверхности на колеса, и динамические уравнения имеют вид трех первых уравнений системы уравнений (1). Следующих два уравнения упомянутой системы являются уравнениями кинематических связей колес автомобиля с дорогой. Шестое уравнение описывает вертикальные перемещения z_i центров колес, а три последних, соответственно вертикальные перемещения z_c центра масс автомобиля, а также его угловые перемещения вокруг центральных продольной Ψ и поперечной Φ осей.

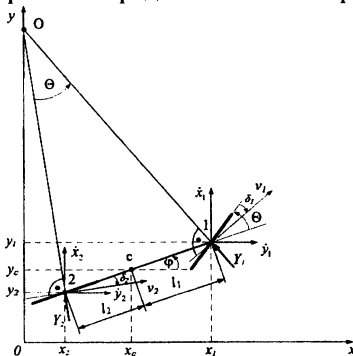


Рисунок 1 – Расчетная схема моделируемой системы

В системе (1) приняты следующие обозначения; m, m_i – масса автомобиля и его i -го колеса; J_x, J_y, J_z – центральные моменты инерции автомобиля относительно его центральных продольной, поперечной и вертикальной оси; Y_i – боковая реакция опорной поверхности на i -ое колеса; x_c, y_c – обобщенные координаты центра масс автомобиля, соответствующие его продольному и поперечному перемещениям; φ – курсовой угол; δ_i – угол увода шины i -го колеса.

Для решения задачи было разработано программное обеспечение, позволяющее выполнить имитационное моделирование движения автомобиля по дороге с моделируемым микропрофилем на заданном интервале времени, при этом результаты моделирования сохраняются на диске в виде файла. Затем загружается разработанное на языке Max Script в среде программы 3D Studio Max программное обеспечение, которое выполняет визуализацию движения автомобиля по моделируемому микропрофилю.

$$\left. \begin{aligned}
 m \cdot \ddot{x}_c &= -Y_1 \cdot \sin(\varphi + \Theta_1 - \delta_1) - Y_2 \cdot \sin(\varphi - \delta_2) = 0; \\
 m \cdot \ddot{y}_c &= Y_1 \cdot \cos(\varphi + \Theta_1 - \delta_1) + Y_2 \cdot \cos(\varphi - \delta_2) = 0; \\
 J_z \cdot \ddot{\varphi} &= Y_1 \cdot l_1 \cdot \cos(\Theta_1 - \delta_1) + Y_2 \cdot l_2 \cdot \cos \delta_2 = 0; \\
 -\ddot{x}_c \cdot \sin(\varphi + \Theta_1 - \delta_1) + \ddot{y}_c \cdot \cos(\varphi + \Theta_1 - \delta_1) + \ddot{\varphi} \cdot l_1 \cdot \cos(\Theta_1 - \delta_1) + \\
 &+ \dot{\delta}_1 \cdot [\dot{x}_c \cdot \cos(\varphi + \Theta - \delta_1) + \dot{y}_c \cdot \sin(\varphi + \Theta - \delta_1) + \dot{\varphi} \cdot l_1 \cdot \\
 &\cdot \sin(\Theta - \delta_1)] = \dot{\Theta} \cdot \dot{\varphi} \cdot l_1 \cdot \sin(\Theta - \delta_1) + (\dot{\varphi} + \dot{\Theta}) \cdot [\dot{x}_c \cdot \\
 &\cdot \cos(\varphi + \Theta - \delta_1) + \dot{y}_c \cdot \sin(\varphi + \Theta - \delta_1)]; \\
 -\ddot{x}_c \cdot \sin(\varphi - \delta_2) + \ddot{y}_c \cdot \cos(\varphi - \delta_2) + \ddot{\varphi} \cdot l_2 \cdot \cos \delta_2 + \dot{\delta}_2 \cdot [\dot{x}_c \cdot \\
 &\cdot \cos(\varphi - \delta_2) + \dot{y}_c \cdot \sin(\varphi - \delta_2) + \dot{\varphi} \cdot l_2 \cdot \sin \delta_2] = \\
 &= \dot{\varphi} \cdot [\dot{x}_c \cdot \cos(\varphi - \delta_2) + \dot{y}_c \cdot \sin(\varphi - \delta_2)]; \\
 \ddot{z}_i &= (P_{pi} - P_{pi}) / m_i, \quad i = 1 \dots 4; \\
 \ddot{z}_c &= P_{pi} / m; \\
 \ddot{\psi} &= (-P_{p1} \cdot d_{p1} - P_{p3} \cdot d_{p3} + P_{p2} \cdot d_{p2} + P_{p4} \cdot d_{p4}) / J_x; \\
 \ddot{\Phi} &= [(P_{p1} + P_{p2}) \cdot l_1 - (P_{p3} + P_{p4}) \cdot l_2] / J_y,
 \end{aligned} \right\} (1)$$

Здесь P_i, P_{pi} – нормальная реакция дороги на i -ое колесо и усилие в i -ой подвеске; d_{pi} – половина рессорной колеи; l_1, l_2 – расстояния от центра масс до передней и задней осей автомобиля.

Нормальные реакции P_i и боковые Y_i опорной поверхности на колеса вычисляются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 Y_i &= k_{u_i} \cdot \delta_i, \quad i = 1, 2, \\
 P_i &= c_i \cdot (q_i - z_i) + k_i \cdot (\dot{q}_i - \dot{z}_i), \quad i = 1, 4
 \end{aligned}$$

где c_i, k_i, k_{u_i} – жесткость, коэффициент демпфирования и коэффициент сопротивления боковому уводу шины i -го колеса; q_i, \dot{q}_i – высота неровности микропрофиля дороги под i -м колесом автомобиля и ее скорость.

Таким образом, разработаны математические модели динамики курсового движения автомобиля и его вертикальной динамики по дороге с моделируемым микропрофилем, а также программное обеспечение для имитационного моделирования и формирования анимационной картины процессов его движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатуров, А.А. Динамика системы дорога-шины-автомобиль-водитель / А.А. Хачатуров. – М.: Машиностроение, 1976. – 536 с.
2. Ясюкович, Э.И. Моделирование процессов движения большегрузных автосамосвалов с электромеханическим приводом / Э.И. Ясюкович // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: тез. докл. науч.-техн. конф. – Ч. 1. – Могилев, 2005. – С. 278.