

УДК 621.9

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЕМОГО КУРСОВОГО ДВИЖЕНИЯ КОЛЕСНОЙ МАШИНЫ

Э. И. ЯСЮКОВИЧ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Массогеометрические параметры и упругодиссипативные характеристики подвески и шин колесных машин оказывают существенное влияние на показатели их курсовой устойчивости и управляемости. Поэтому для повышения эффективности эксплуатации этих машин необходимо выбрать рациональные конструктивные параметры их ходовой части, а также характеристики подвески и шин. Для экспериментальной оценки влияния названных параметров на показатели устойчивости движения и управляемости колесных машин требуются значительные материальные и временные затраты. Поэтому наиболее рациональным методом такой оценки является имитационное моделирование.

Целью настоящей работы является разработка математической модели и программного обеспечения для имитационного моделирования управляемого курсового движения и вертикальной динамики двухосной колесной машины по опорным поверхностям со случайным микро- и макропрофилем.

Для разработки математической модели была разработана расчетная схема и выбраны независимые координаты: x_c , y_c , z_c – перемещения центра масс колесной машины по продольной, поперечной и продольной осям; φ – курсовой угол; ψ , Φ – углы бокового крена и тангажа остова; z_1 , z_2 , z_3 , z_4 – вертикальные перемещения центров масс колес; углы δ_1 , δ_2 , δ_3 , δ_4 бокового увода шин колес.

Разработанная математическая модель содержит 10 нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка и четыре, разработанные на основе теории увода Рокара [1], уравнения кинематических связей, которые необходимы для определения боковых реакций опорной поверхности на шины колес в процессе движения по опорным поверхностям с микро- и макропрофилем.

Дифференциальные уравнения курсового движения колесной машины содержат выражения боковых реакций опорной поверхности, зависящие от коэффициентов сопротивления боковому уводу шин, которые зависят от нормальных реакций на них опорной поверхности. Указанные реакции не являются постоянными и в каждый момент времени определяются в уравнениях вертикальной динамики [2].

Для моделирования вертикальных перемещений центра масс колесной машины и ее подрессоренных колес разработаны программные модули формирования неровностей микро- и макропрофиля опорной поверхности, построенные на основе экспоненциально-косинусной корреляционной функции.

Задание траектории движения колесной машины построено на основе специальной таблицы, первая строка которой содержит моменты времени начала изменения водителем угла поворота рулевого колеса, вторая – скорости его поворота, а третья – допустимые значения скорости движения колесной машины при соответствующем угле поворота управляемого колеса. То есть в начале совершения маневра скорость движения колесной машины снижалась до значения, при котором отсутствует отрыв колес.

Рассмотрены также вопросы моделирования криволинейного курсового движения колесной машины со всеми управляемыми колесами. В этом случае для обеспечения отсутствия бокового проскальзывания ее шин должны выполняться два условия.

Первое условие означает, что нормали к проекциям средних линий шин каждого колеса на опорную поверхность должны пересекаться в одной точке. То есть углы поворота колес второй оси являются зависимыми от углов поворота колес управляемой оси.

Второе условие требует, чтобы суммы проекций продольной и поперечной составляющих скоростей каждого колеса в точке их контакта с опорной поверхностью на нормаль к направлению скорости соответствующего колеса были равны нулю.

Для моделирования курсового движения колесной машины разработано программное обеспечение, позволяющее провести исследования влияния массогеометрических параметров и упругодиссипативных характеристик, параметров макро- и микропрофиля опорной поверхности на показатели ее курсового движения.

Имитационное моделирование проводилось на интервале времени до 200 с с задаваемыми значениями параметров колесной машины по различным категориям дорог и траекториям движения. Результаты моделирования выводились в виде массива численных значений, содержащего моменты времени, значения обобщенных координат и их скоростей, углов увода шин колес, боковых реакций опорной поверхности на движители колесной машины, а также в виде графиков изменения во времени параметров движения.

Таким образом, представлены разработанные математическая модель и программное обеспечение, позволяющие провести расчетные исследования курсового движения двухосной колесной машины с управляемыми колесами на одной или двух осях по различным категориям дорог и задаваемым траекториям движения: прямолинейное, смена полосы движения, движение по кругу, а также обгон.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Левин, М. А.** Теория качения деформируемого колеса / М. А. Левин, Н. А. Фуфаев. – Москва: Наука, 1989. – 269 с.
2. **Литвинов, А. С.** Управляемость и устойчивость автомобиля / А. С. Литвинов. – Москва: Машиностроение, 1971. – 416 с.: ил.