

УДК 629.114.2  
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КУРСОВОГО ДВИЖЕНИЯ  
АВТОМОБИЛЯ В СРЕДЕ ПРОГРАММЫ MATLAB

Э.И.ЯСЮКОВИЧ, А.И.КАШПАР, Е.Л.ЛЕЦОВА  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Могилев, Беларусь

Одной из важнейших задач, возникающих при проектировании автомобилей, является обеспечение их курсовой устойчивости, которая в определенной мере определяет и безопасность движения. В связи с этим исследование курсового движения колесных машин является актуальной задачей. В данной работе рассматривается методика имитационного моделирования процесса курсового движения грузового двухосного автомобиля в среде программы Simulink программного пакета Matlab.

Предлагаемая методика включает следующие этапы: разработка расчетной схемы моделируемой системы и выбор обобщенных координат; разработка математической модели; формирование модели в интерактивной среде приложения Simulink; тестирование модели и расчетные исследования.

Расчетная схема представлена в виде плоской велосипедной модели с передним управляемым колесом и содержит следующие обобщенные координаты:  $x_s$ ,  $u_s$ ,  $\varphi$  – продольные, поперечные перемещения центра масс автомобиля и его курсовой угол;  $\delta_1$ ,  $\delta_2$  – углы увода переднего управляемого и заднего колес.

Математическая модель курсового движения автомобиля, представляющая собой уравнения движения, объединяет три динамических уравнения в виде обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка и два дифференциальных уравнения первого порядка кинематических связей. Динамические уравнения получены на основе математической схемы Лагранжа второго рода, а уравнения кинематических связей – из условия отсутствия бокового скольжения колес автомобиля.

Решение полученной системы уравнений движения может быть выполнено на алгоритмическом языке, выбор которого зависит от многих условий, например, таких как удобство программирования, наличие проверенных математических методов, легкость представления результатов моделирования и т.д. Такими свойствами обладает пакет Matlab, содержащий в своем составе инструмент визуального моделирования Simulink. Последний сочетает в себе наглядность аналоговых и точность цифровых вычислительных машин и обеспечивает доступ пользователю ко всем возможностям пакета Matlab, в том числе к библиотеке численных методов.

В связи с этим решение задачи имитационного моделирования курсо-

вого движения автомобиля предлагается выполнить в среде программы Simulink. При этом методика решения предусматривает следующие основные этапы: приведение системы дифференциальных уравнений к удобному для решения виду, т. е. разрешение их относительно старших производных; составление модели в среде Simulink; определение исходных данных и начальных условий интегрирования; включение средств визуализации; тестирование и решение задачи.

Разрешение уравнений движения относительно старших производных возникает в связи с тем, что уравнения кинематических связей содержат в левых частях больше одной старшей производной обобщенных координат.

Процесс построения модели в системе Simulink представляет собой последовательность выбора необходимых блоков из соответствующих библиотек и соединение их соответствующими связями.

Построение модели начинается с блока "Сумматор", имеющего столько входов, сколько компонентов содержит правая часть уравнения. При этом входы сумматора могут иметь положительное и отрицательное значения. К выходу сумматора подключается линейный преобразователь, на выходе которого получается значение второй производной. Далее включаются последовательно интеграторы, на выходе которых формируются значения первых производных и самих переменных.

Используемые блоки желательно именовать для облегчения последующей проверки и анализа.

Следующим этапом решения задачи является установление связей между входами и выходами соответствующих блоков, применяя, где необходимо, дополнительные линейные преобразователи и сумматоры. После установки всех связей следует определить численные значения коэффициентов в используемых преобразователях и установить необходимые значения параметров использованных блоков.

При моделировании имеется возможность выбирать метод решения дифференциальных уравнений и способ изменения модельного времени – с фиксированным или переменным шагом, а также следить за процессами, происходящими в системе при ее моделировании с помощью специальных устройств наблюдения. Результаты моделирования могут быть представлены в виде графиков или таблиц.

Таким образом, в работе предложена методика построения имитационной математической модели курсового движения двухосного автомобиля с передними управляемыми колесами и технология ее решения в среде программы Simulink.