

Д.М. КЛЕЦ, к. т. н., доц., докторант каф. технологии машиностроения и ремонта машин, ХНАДУ, Харьков

ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАНЕВРЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО ВИЗУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЕГО ДВИЖЕНИЯ

Розроблено імітаційну візуальну модель автомобіля, що враховує параметри системи «водій – автомобіль – дорожнє середовище» і дозволяє виконувати оцінку показників його керуваності, стійкості та динамічності в середовищі Simulink.

Ключові слова: маневреність, автомобіль, імітаційне моделювання, комп'ютерна модель

Разработана имитационная визуальная модель автомобиля, учитывающая параметры системы «водитель – автомобиль – дорожная среда» и позволяющая выполнять оценку показателей его управляемости, устойчивости и динамичности в среде Simulink.

Ключевые слова: маневренность, автомобиль, имитационное моделирование, компьютерная модель

It's developed visual simulation vehicle model, taking into account the parameters of the "driver-vehicle-road environment" that allows to estimate its controllability, stability and dynamics in Simulink.

Keywords: manoeuvrability, automobile, imitation modeling, computer model

Постановка проблеми. При разработке новых, а также квалиметрической оценке и модернизации существующих автомобилей актуальным является вопрос выбора корректных математических моделей оценки показателей их маневренности. Прогнозировать поведение автомобиля при влиянии на него различных факторов внешней среды и управляющих воздействий водителя удобно с помощью имитационного визуального моделирования в специализированном программном обеспечении на электронных вычислительных машинах. Это позволяет значительно сэкономить время и средства, которые были бы потрачены на проведение дорожного эксперимента, изучить быстротекущие процессы в замедленном режиме, а также повысить безопасность исследований. При имитационном моделировании исследуемый автомобиль заменяется компьютерной моделью, с достаточной точностью описывающей состояние реальной системы и позволяющей учитывать влияние на нее возмущающих воздействий.

Анализ литературы. Вопросам исследования свойств маневренности колесных машин посвящены работы значительного числа отечественных и зарубежных авторов [1-6]. В работе [5] в качестве критерия устойчивости движения колесной машины предложен коэффициент устойчивости. Указанный коэффициент равен отношению момента стабилизирующего к возмущающему моменту и при движении по прямой определяется из следующего соотношения

$$K_{уст} = \frac{b \cdot R_{\delta_2}}{a \cdot R_{\delta_1}}, \quad (1)$$

где $R_{\delta_1}, R_{\delta_2}$ – боковые реакции дороги на передней и задней осях автомобиля; a, b – расстояние от проекции центра масс автомобиля на горизонтальной плоскости до передней и задней оси автомобиля.

При $K_{уст} > 1$ движение автомобиля устойчиво, при $K_{уст} < 1$ – неустойчиво, при $K_{уст} = 1$ автомобиль находится на грани выхода из зоны устойчивого движения.

Коэффициент управляемости двухосной машины [5] определяется при движении на повороте из следующего соотношения

$$K_{упр} = \frac{R_{k_1}}{R_{\delta_2}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \sin \alpha + \frac{R_{\delta_1}}{R_{\delta_2}} \cdot \frac{a}{b} \cdot \cos \alpha, \quad (2)$$

где R_{k_1} – касательная реакция на переднем направляющем колесе, а α – угол поворота направляющих колес.

Коэффициент динамичности автомобиля определяется из зависимости [5]

$$K_{дин} = \frac{N_e \cdot \eta_{мп} \cdot (1 - S_x)}{m_a \cdot g \cdot V_a \cdot \left(f + \frac{k \cdot F}{m_a \cdot g} \cdot V_a^2 \right)}. \quad (3)$$

где V_a – линейная скорость автомобиля; f – коэффициент сопротивления качению; m_a – масса автомобиля; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $k \cdot F$ – фактор обтекаемости; N_e – эффективная мощность двигателя; $\eta_{мп}$ – коэффициент полезного действия трансмиссии; S_x – относительное буксование ведущих колес.

Наиболее мощным и гибким инструментом для имитационного визуального моделирования динамики автомобиля является MatLab / Simulink. Таким образом, представляет интерес моделирование движения автомобиля, оценка показателей его маневренности и эффективности работы систем безопасности с помощью указанного пакета.

Цель статьи – оценка показателей управляемости, устойчивости и динамичности автомобиля с помощью его имитационной визуальной модели, учитывающей параметры системы «водитель-автомобиль-дорожная среда».

Оценка показателей устойчивости и управляемости автомобиля при визуальном моделировании его динамики. Модель визуализации динамики автомобиля построена на основе Simulink-модели Vehicle Dynamics Visualization with Graphs [7]. Структура подсистемы Coordinate Transformations приведена на рис. 1. На рис. 2 приведена зависимость продольных R_x , боковых R_y и нормальных R_z реакций, действующих на колеса исследуемого автомобиля, от времени его движения.

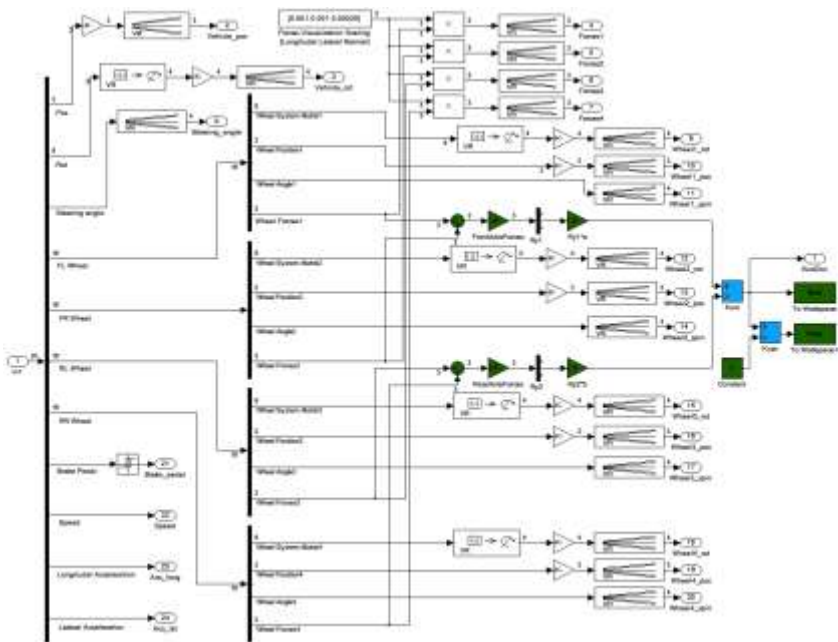


Рисунок 1 – Структура подсистемы Coordinate Transformations

Подсистема Coordinate Transformations содержит инструменты по преобразованию величин ускорений, линейной и угловой скоростей автомобиля, реакций на колесах, углов поворота рулевого и направляющих колес в сигналы инструментов Simulink. Блоки Kust и Kupr позволяют экспортировать в рабочее пространство Matlab определенные с помощью указанной модели величины коэффициентов устойчивости и управляемости.

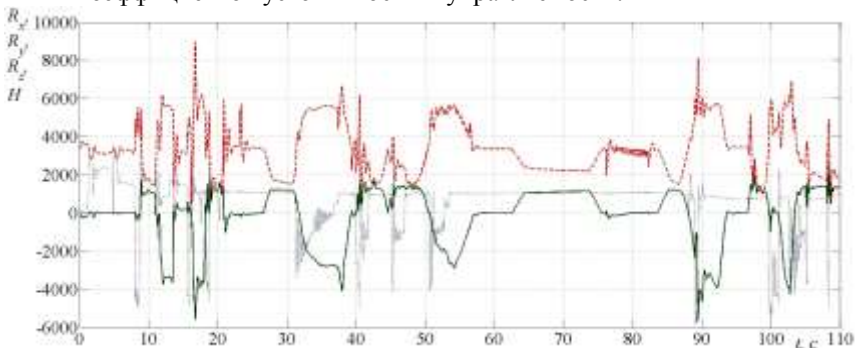


Рисунок 2 – Зависимость продольных, боковых и нормальных реакций, действующих на колеса исследуемого автомобиля, от времени его движения: $\cdots R_x$, $\text{—} R_y$, $\text{--} R_z$

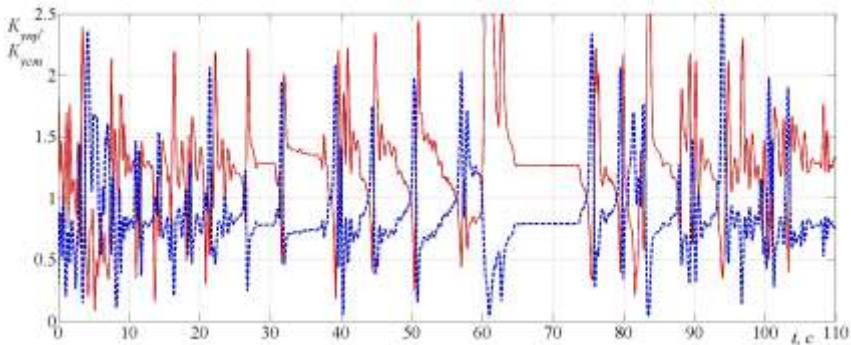


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента управляемости и коэффициента устойчивости от времени движения исследуемого автомобиля: — $K_{упр}$; - - $K_{уст}$

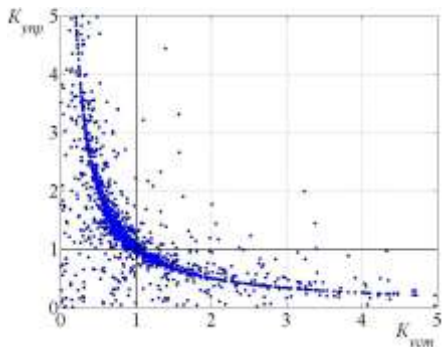
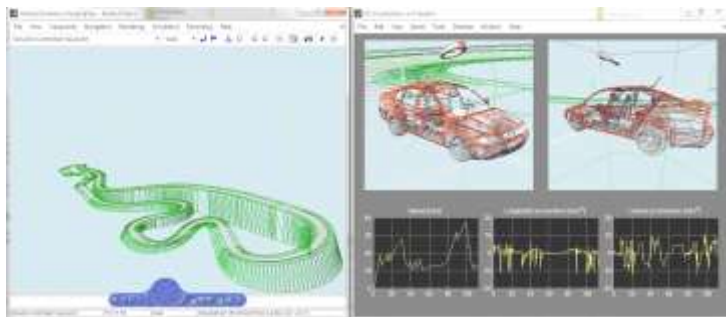


Рисунок 4 – Зависимость коэффициента управляемости от коэффициента устойчивости

На рис. 3 показана зависимость коэффициента управляемости $K_{упр}$ и коэффициента устойчивости $K_{уст}$ от времени движения исследуемого автомобиля, а на рис. 4 – зависимость $K_{упр} = f(K_{уст})$. На рис. 5 показаны 3D модели исследуемой трассы и автомобиля с позиции Simulink Controlled Viewport [8].

Таким образом, разработанная модель позволяет прогнозировать параметры движения автомобиля и выполнять оценку показателей его маневренности с помощью MatLab/Simulink.

Рисунок 5 – 3D модель исследуемой трассы и автомобиля



Выводы. Разработанная имитационная визуальная модель автомобиля, учи-

творюючи параметри системи «водитель – автомобіль – дорожня среда» дозволяють виконувати оцінку показателів його управляемості, стійкості, динамічності в середі Simulink і значительно економити час і засоби, а також підвищити безпеку досліджень.

При виході з маневра “переставка” при заданих умовах руху досліджуваного автомобіля з відключеною ESP виникають кутові прискорення, досягають $0,5 \text{ с}^{-1}$, що свідчить про початок заносу. Кутові прискорення автомобіля з включеною ESP при аналогічних умовах не перевищують $0,05 \text{ с}^{-1}$.

Список літератури. 1. Бобошко А.А. Підвищення маневреності колісних тракторів і самохідних шасі. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.02 / ХНАДУ. – Харків, 2002. – 19 с. 2. Закин Я. Х. Маневренность автомобиля и автопоезда / Я. Х. Закин. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с. 3. Литвинов А.С. Управляемость и устойчивость автомобиля. – М: Машиностроение, 1971. – 416 с. 4. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало, В.П. Волков, В.И. Курчатый, А.А. Бобошко / Под ред. М.А.Подригало. - Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003. – 403 с. 5. Подригало М.А., Волков В.П., Бобошко А.А., Павленко В.А., Файст В.Л., Клец Д.М., Редько В.В. Динамика автомобиля. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2008. – 426 с. 6. Electronic Stability Control Systems : Federal Motor Vehicle Safety Standard No. 126. – Office of Regulatory Analysis and Evaluation, National Center for Statistics and Analysis, 2006. – 142 p. 7. Vehicle Dynamics Visualization with Graphs. The MathWorks, Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mathworks.com/products/3d-animation/examples.html?file=/products/demos/shipping/sl3d/vr_octavia_graphs.htm. 8. Vehicle Dynamics Visualization – Simulation of Multiple Objects. The MathWorks, Inc. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mathworks.com/products/3d-animation/examples.html?file=/products/demos/shipping/sl3d/vr_octavia_2cars.html.

Поступила в редакцію 08.04.2013

УДК 539.3

А.В. ЛИТВИНЕНКО, к.т.н., дир. НИЦ УК «Рейлтрансхолдинг»,
Маріуполь

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Запропоновано розвиток узагальненого параметричного підходу для дослідження напружено-деформованого стану корпусів транспортних засобів спеціального призначення на етапі проектування і технологічної підготовки виробництва. Математична формалізація параметричного опису конструкції та всіх етапів їх життєвого циклу дає можливість будувати високоефективні спеціалізовані системи комп'ютерного проектування, технологічної підготовки виробництва, дослідження, виготовлення та експлуатації.

Ключові слова: транспортний засіб спеціального призначення, бронекорпус, системи комп'ютерного проектування, напружено-деформований стан, власні частоти коливань

© А.В. Литвиненко, 2013