

ственных нейронных сетей для мобильных робототехнических систем использовать проблемно-ориентированный подход, заключающийся в объединении универсальных и специализированных средств.

Ключевые слова: СБИС-реализация, ИНС, нейрочип, ПЛИС, процессор ЦОС.

Tsmots I.G., Skorokhoda O.V., Vavruk I.Ye. Principles of construction and methods of VLSI-implementation of real time neural networks

Approaches reselected, principles of construction and basic methods of VLSI-implementation of real time neural networks are proposed. The analysis of neurochips, FPGA and DSP processors which are used for artificial neural networks implementation is made. The implementation of artificial neural networks for mobile robotic systems with usage a problem-oriented approach which is a combination of universal and specialized tools is proposed.

Keywords: VLSI-realization, ANN, neurochip, FPGA, DSP.

УДК 629.113.001

Проф. І.В. Кузьо, д-р техн. наук;

асист. О.В. Житенко, канд. техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

ПРОСТОРОВА МОДЕЛЬ КОЛІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ВИКОРИСТАННЯМ MATLAB SIMULINK

Наведено систему диференціальних рівнянь для просторової моделі автомобіля та розглянуто спосіб її реалізації, використовуючи програмний продукт Matlab Simulink. Відображено методику та спосіб реалізації просторової моделі автомобіля за допомогою сучасних програмних продуктів для розв'язку актуальних задач динаміки. Змодельовано випадок переїзду машини через перешкоду прямокутного перерізу лише лівими колесами, тоді як праві колеса рухалися по рівній площині.

Ключові слова: просторова модель, динаміка руху, Matlab Simulink.

Вступ. Сучасні автомобілі проектують за допомогою комп'ютерних систем автоматизованого проектування. Найважливішим елементом цього процесу є розроблення програмних засобів аналізу динаміки. В основі реалізації всіх етапів комп'ютерного проектування лежить розроблення імітаційних моделей в середовищах відповідних програмних продуктів, завдання яких – відображати реальні процеси, які відбуваються в елементах конструкції. Аналіз останніх досліджень свідчить, що в області проектування, вивчення процесів руху і взаємодії механічної системи "автомобіль – дорога" вже існує велика кількість математичних моделей колісних машин та розроблено аналітичні методи оцінювання їх ефективності, які застосовані для окремих випадків руху [1].

Незважаючи на те, актуальною задачею залишається реалізація математичних моделей динамічних систем за допомогою сучасних математичних пакетів, таких як: MATLAB, MATHCAD, VISSIM, LABVIEW, DERIVE, MAPLE чи MATHEMATICA. Це дасть змогу по-новому розв'язувати задачі динаміки, а саме задачі аналізу та синтезу.

Аналіз останніх досліджень. Для дослідження динаміки розроблено одно- [2], дво- [3] та багатомасові математичні моделі коливальних колісних машин [4]. Їх подають у вигляді системи диференціальних рівнянь, які відображають з деякими прийнятими припущеннями особливості конструкції, та наводять взаємозв'язок їх окремих частин. Проте недостатньо повно відображено методики та способи реалізації цих моделей за допомогою сучасних програмних продуктів для розв'язку актуальних задач динаміки.

Мета дослідження. Провести математично-комп'ютерне моделювання динаміки колісного транспортного засобу, отримати в системі Matlab Simulink структурні схеми для диференціальних рівнянь руху просторової моделі машини.

Виклад основного матеріалу. Імітаційне моделювання є найбільш потужним і універсальним методом дослідження та оцінювання динамічних систем, поведінка яких залежить від випадкових факторів. Одним із засобів для реалізації математичних моделей колісних машин є Matlab Simulink [5], що є інтерактивним інструментом для моделювання, імітації та аналізу динамічних систем. В основі пакета прикладних програм лежить модельно орієнтоване програмування. Цей метод об'єднує різні етапи розробки системи, такі як: формування специфікації та системних вимог, імітаційне моделювання, розроблення системи, налагодження і тестування в безперервний робочий процес. Модельно орієнтоване проектування допомагає координувати роботу різних груп розробників та дає змогу виявляти помилки на ранніх стадіях, що значно скорочує час і витрати, підвищуючи цим самим ефективність проектування.

Розглянемо структурний підхід під час комп'ютерного моделювання динамічних систем за допомогою системи SIMULINK. Особливістю такого підходу є те, що комп'ютерна програма, внаслідок виконання якої отримуємо розв'язок системи диференціальних рівнянь у вигляді масиву числових значень, не складається. У цьому випадку згідно зі системою диференціальних рівнянь будується структурна схема за допомогою набору типових блоків бібліотеки SIMULINK.

Як динамічну систему, що будемо досліджувати за умови структурного підходу до моделювання, прийнято вантажний автомобіль МАЗ 5335 (рис. 1), який на швидкості 55 км/год здійснює переїзд лівими колесами через перешкоду прямокутного перерізу. Відповідно маси автомобіля при цьому будуть здійснювати коливні рухи у вертикальній площині.

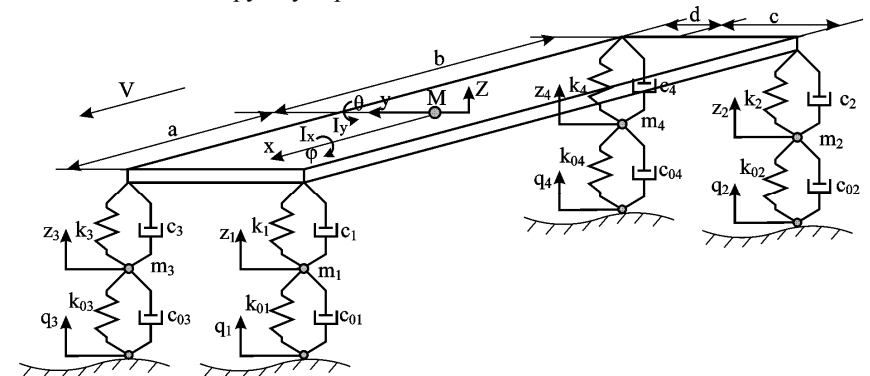


Рис. 1. Спрощена розрахункова схема автомобіля: z – вертикальні переміщення центру мас автомобіля; z_1, z_2 – відповідно вертикальні переміщення передніх та задніх правих коліс автомобіля; z_3, z_4 – відповідно вертикальні переміщення передніх та задніх лівих коліс автомобіля; q_1, q_2 – відповідно збурення зі сторони дороги у вигляді перешкоди прямокутного перерізу, що діють на ліві передні та задні колеса автомобіля; q_3, q_4 – відповідно збурення зі сторони дороги у вигляді рівної поверхні, що діють на праві передні та задні колеса автомобіля; m_1, m_2, m_3, m_4 – відповідно маси неідресорених частин автомобіля; a, b, c, d – відповідно відстані від центру

мас автомобіля до передніх та задніх його коліс; θ – кутові переміщення автомобіля навколо осі y ; φ – кутові переміщення автомобіля навколо осі x ; k_1, k_2, k_3, k_4 – жорсткості підвісок; $k_{01}, k_{02}, k_{03}, k_{04}$ – жорсткості шин; c_1, c_2, c_3, c_4 – демпфування у підвісці; $c_{01}, c_{02}, c_{03}, c_{04}$ – демпфування у шинах; I_x, I_y – відповідно моменти інерції навколо осей x та y

Першим кроком унаслідок моделювання такої динамічної системи (рис. 1) буде перехід від технічної задачі до її математичної моделі у вигляді системи диференціальних рівнянь, що в цьому випадку записано з використанням рівняння Лагранжа другого роду [6]:

$$\ddot{z} = \frac{1}{M} \left[-k_1(z - a \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_1) - c_1(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_1) - k_2(z + b \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_2) - c_2(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_2) - k_3(z - a \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_3) - c_3(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_3) - k_4(z + b \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_4) - c_4(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_4) \right]$$

$$\ddot{\varphi} = \frac{1}{I_x} \left[c \cdot k_1(z - a \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_1) + c \cdot c_1(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_1) + c \cdot k_2(z + b \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_2) + c \cdot c_2(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_2) - d \cdot k_3(z - a \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_3) - d \cdot c_3(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_3) - d \cdot k_4(z + b \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_4) - d \cdot c_4(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_4) \right]$$

$$\ddot{\theta} = \frac{1}{I_y} \left[a \cdot k_1(z - a \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_1) + a \cdot c_1(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_1) - b \cdot k_2(z + b \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_2) - b \cdot c_2(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_2) + a \cdot k_3(z - a \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_3) + a \cdot c_3(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_3) - b \cdot k_4(z + b \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_4) - b \cdot c_4(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_4) \right]$$

$$\ddot{z}_1 = \frac{1}{m_1} \left[k_1(z - a \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_1) + c_1(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_1) - k_{01}(z_1 - q_1) - c_{01}(\dot{z}_1 - \dot{q}_1) \right]$$

$$\ddot{z}_2 = \frac{1}{m_2} \left[k_2(z + b \cdot \theta + c \cdot \varphi - z_2) + c_2(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_2) - k_{02}(z_2 - q_2) - c_{02}(\dot{z}_2 - \dot{q}_2) \right]$$

$$\ddot{z}_3 = \frac{1}{m_3} \left[k_3(z - a \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_3) + c_3(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_3) - k_{03}(z_3 - q_3) - c_{03}(\dot{z}_3 - \dot{q}_3) \right]$$

$$\ddot{z}_4 = \frac{1}{m_4} \left[k_4(z + b \cdot \theta - d \cdot \varphi - z_4) + c_4(\dot{z} + b \cdot \dot{\theta} - d \cdot \dot{\varphi} - \dot{z}_4) - k_{04}(z_4 - q_4) - c_{04}(\dot{z}_4 - \dot{q}_4) \right].$$

Наступним кроком під час моделювання буде побудова в системі SIMULINK структурної схеми згідно зі системою диференціальних рівнянь.

Вихідним матеріалом для структурного моделювання системи диференціальних рівнянь під час дослідження коливань автомобіля слугує схема моделювання. На ній зображено відповідні блоки бібліотек Simulink та зв'язки між ними. З'єднуючи блоки відповідним чином між собою, отримаємо схему для реалізації математичної моделі.

Структурна схема складається із семи підсистем нижчого рівня ієрархії, кожна з яких – окреме рівняння математичної моделі. До підсистем структурної схеми подаються вхідні сигнали у вигляді узагальнених координат відповідно до змінних кожного рівняння. Вихідним сигналом кожної з підсистем є ліва частина відповідного рівняння.

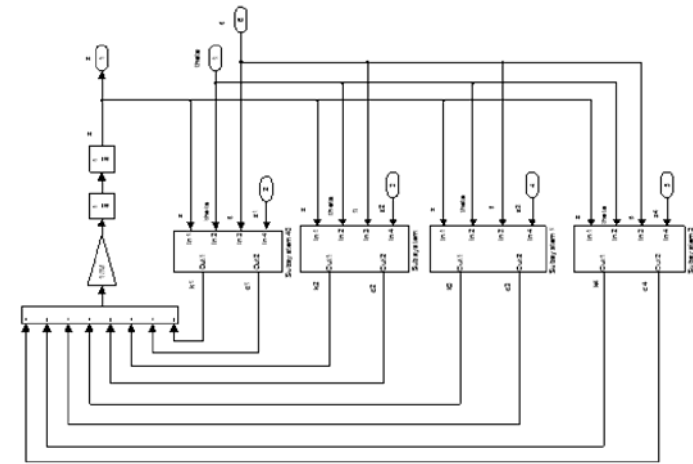


Рис. 3. Структура підсистеми Subsystem 11, що представляє собою перше рівняння системи диференціальних рівнянь

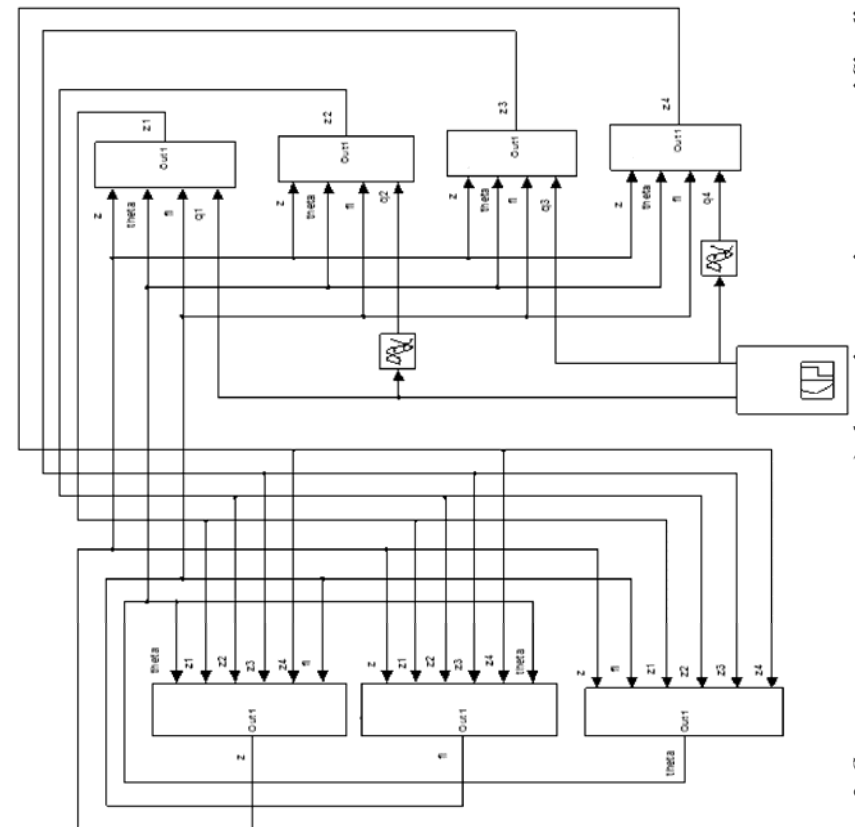


Рис. 2. Структурна схема системи диференціальних рівнянь у системі Simulink

Для прикладу наведено будову підсистеми Subsystem 11 (рис. 3-6), в основі якої лежить перше рівняння математичної моделі.

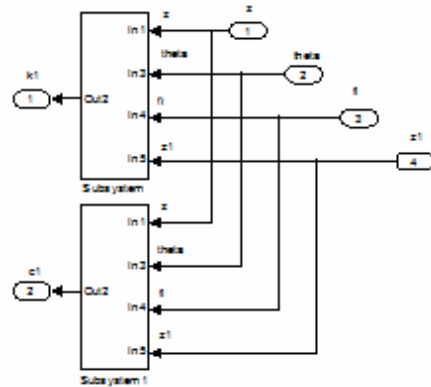


Рис. 4. Підсистема нижчого рівня Subsystem 40, що є окремою складовою першого рівняння системи, а саме: $k_1(z - a \cdot \theta + c \cdot \phi - z_1)$ та $c_1(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\phi} - \dot{z}_1)$

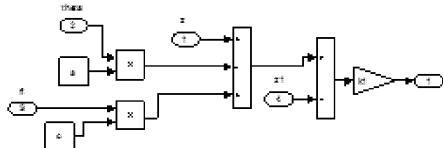


Рис. 5. Структура підсистеми нижчого рівня Subsystem 40/Subsystem, що є складовою $k_1(z - a \cdot \theta + c \cdot \phi - z_1)$

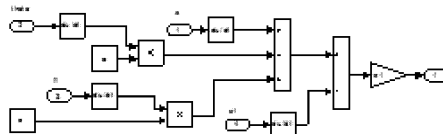


Рис. 6. Структура підсистеми нижчого рівня Subsystem 40/Subsystem 1, що є складовою $c_1(\dot{z} - a \cdot \dot{\theta} + c \cdot \dot{\phi} - \dot{z}_1)$

Процес побудови моделі в системі Simulink наведено нижче. Нехай ліва частина першого рівняння системи диференціальних рівнянь – вихід від блоку Sum, а складові правої частини – входи до блоку Sum. Вихід від блоку Sum з'єднаємо з блоком Gain, який реалізує математичну залежність $y = ax$, де a – коефіцієнт підсилення сигналу. Коефіцієнт підсилення сигналу в цьому випадку буде величина $1/M$.

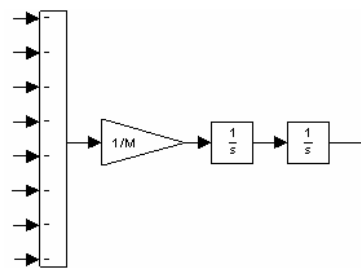


Рис. 7. Частина моделі першого рівняння у системі Simulink

Вихід із цього блоку, своєю чергою, з'єднаємо з блоком Integrator, який буде здійснювати інтегрування вхідного сигналу. На виході блоку Integrator отримаємо швидкість переміщення центру мас автомобіля. З'єднавши його вхід з іншим блоком Integrator, на виході з нього отримаємо переміщення центру мас (рис. 7).

Надалі варто добудувати модель першого рівняння системи, з'єднавши входи блоку Sum з елементами, що є складовими цього рівняння. За аналогічним алгоритмом здійснюємо побудову інших рівнянь системи, які потрібно з'єднати відповідними зв'язками. Після чого необхідно прописати вхідні параметри в робочу область MATLAB, числові значення яких наведено в таблиці.

Оскільки проводиться моделювання переїзду автомобіля через перешкоду прямокутного перерізу з висотою 0,1 м та шириною 0,2 м тільки лівими колесами, то вхідні сигнали у вигляді змінних q подаємо відповідної форми, які графічно задаємо у блоці Signal Bulder (рис. 8).

Табл. Параметри моделі

Параметр	Значення	Параметр	Значення
a	2.7, м	Ix	20800, кг/м ²
b	1.3, м	Iy	54600, кг/м ²
c	1.5, м	k1	55000, н/м
d	2.0, м	c1	50, н·с/м
M	12850, кг	k2	110000, н/м
m1	350, кг	c2	70, н·с/м
m2	700, кг	k3	55000, н/м
m3	350, кг	c3	50, н·с/м
m4	700, кг	k4	110000, н/м
c01	320, н·с/м	c4	70, н·с/м
c02	640, н·с/м	k01	116000, н/м
c03	320, н·с/м	k02	232000, н/м
c04	640, н·с/м	k03	116000, н/м
		k04	232000, н/м

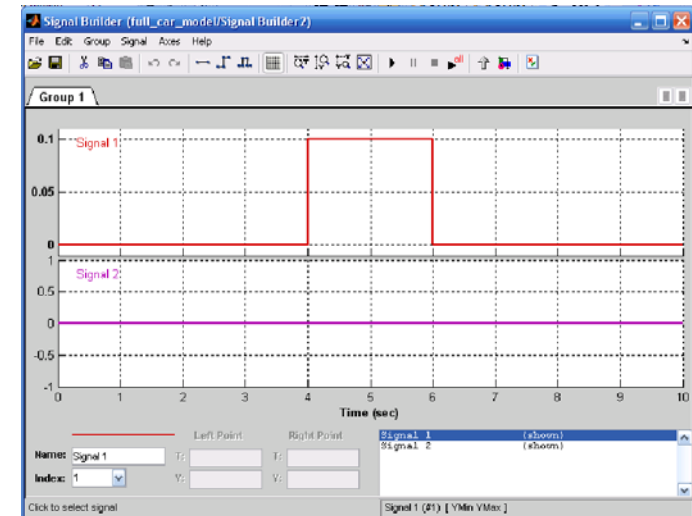


Рис. 8. Графічне зображення функцій збурення зі сторони дороги в системі Simulink

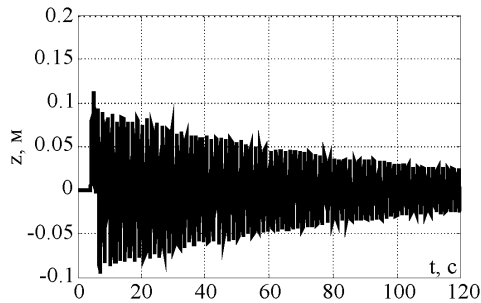


Рис. 9. Коливання центру мас кузова автомобіля у вертикальній площині

За допомогою блоку To Workspace, після виконання розрахунку системи диференціальних рівнянь, отримані результати записуємо в робочу область MATLAB, звідки отримуємо графіки коливань мас автомобіля за умови переїзду лівими колесами перешкоди прямокутного перерізу зі швидкістю 55 км/год (рис. 9-11).

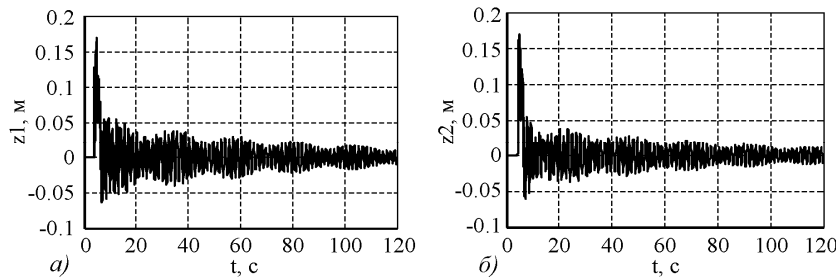


Рис. 10. Коливання лівих передніх а) та задніх коліс б) автомобіля у вертикальній площині

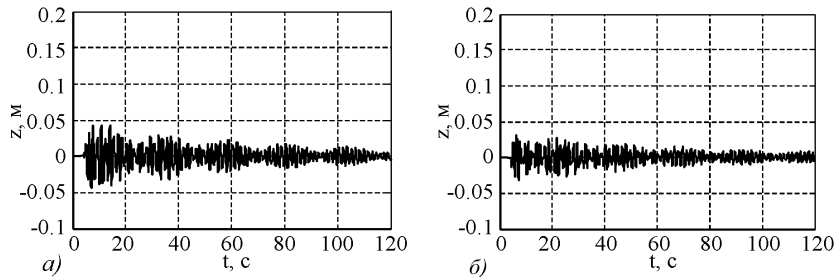


Рис. 11. Коливання правих передніх а) та задніх коліс б) автомобіля у вертикальній площині

Висновки. У роботі наведено систему диференціальних рівнянь для просторової моделі автомобіля та розглянуто спосіб її реалізації, використовуючи програмний продукт Matlab/Simulink.

Змодельовано випадок переїзду машини через перешкоду прямокутного перерізу лише лівими колесами, тоді як праві колеса рухалися по рівній площині.

Відображено методику та спосіб реалізації просторової моделі автомобіля за допомогою сучасних програмних продуктів для розв'язування актуальних задач динаміки.

Література

1. Чичекін І.В. Разработка пространственных динамических моделей колесных машин для анализа проходимости при движении по неровным грунтовым поверхностям : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / И.В. Чичекін. – М., 2010. – 24 с.

2. Turkyay S. A study of random vibration characteristics of the quarter-car model / S. Turkyay and H. Akcay // Journal of Sound and Vibration. – 2005. – № 282. – P. 111-124.
3. Thompson A.G. Computation of the rms state variables and control forces in a half-car model with preview active suspension using spectral decomposition methods / A.G. Thompson and B.R. Davis // Journal of Sound and Vibration. – 2005. – № 285. – P. 571-583.
4. Zhu Q. Chaotic vibration of a nonlinear full-vehicle model / Q. Zhu and M. Ishitobi // International Journal of Solids and Structures. – 2006. – № 43. – P. 747-759.
5. Дзбни Дж. SIMULINK 4. Секреты мастерства : пер. с англ. – М. : Изд-во БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003. – 403 с.
6. Anil Shirahatt Optimal design of passenger car suspension for ride and road holding/Anil Shirahatt, P.S.S. Prasad, Pravin Panzade, M.M. Kulkarni // J. Braz. Soc. Mech. Sci&Eng. – 2008. – Vol. 30, № 1. – P. 66-76.

Кузьо І.В., Житенко О.В. Пространственная модель колесного транспортного средства с использованием Matlab Simulink

Приведена система дифференциальных уравнений для пространственной модели автомобиля и показан способ ее реализации, используя программный продукт Matlab Simulink. Отображена методика и способ реализации пространственной модели автомобиля с помощью современных программных продуктов для решения актуальных задач динамики. Смоделирован случай переезда машины через препятствие прямоугольного перерезу лишь левыми колесами, тогда как правые колеса двигались по ровной плоскости.

Ключевые слова: пространственная модель, динамика движения, Matlab Simulink.

Kuzio I.V., Zhytenko O.V. Full car model with the use of Matlab Simulink

System over differential equalizations, a complete motor-car model and method of her realization are shown, using the software product of Matlab Simulink. Methodology and method of realization of complete motor-car model appear by means of modern programmatic foods for the decision of actual tasks of dynamics.

Keywords: full car model, dynamics of motion, Matlab Simulink.

УДК 614.843 (075.32)

Проф. Е.М. Гуліда, д-р техн. наук;

доц. О.В. Меньшикова, канд. фіз.-мат. наук; ад'юнкт А.А. Ренкас –

Львівський ДУ безпеки життєдіяльності

МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В ЗАКРИТОМУ ПРИМІЩЕНІ

Розглянуто та проаналізовано існуючі методи моделювання пожежі в закритих приміщеннях та запропоновано на підставі результатів експериментальних досліджень з використанням дробовофакторного експерименту математичну модель та метод моделювання пожежі в приміщенні. Перевірка на адекватність статистичної моделі за критерієм Фішера показала, що модель є адекватною. Крім цього, моделювання пожежі в закритому приміщенні з використанням статистичної моделі перевіряли на адекватність теоретичним шляхом з використанням диференціального рівняння пожежі в закритому приміщенні. Максимальна відносна похибка статистичної моделі відносно теоретичної не перевищує 18 %. Метод статистичного моделювання дає змогу визначати температуру в різних точках об'єму приміщення в циліндричній системі координат. При цьому можливі побудова та аналіз ізотерм у площинах, які проходять через центр осередку пожежі. Крім цього, метод статистичного моделювання дає змогу будувати за допомогою системи прикладних програм MAPLE ізотермічні поверхні в об'ємі приміщення. Це дає змогу визначати вимоги та встановлювати норми для основних елементів конструкції будівлі з погляду пожежної безпеки.

Ключові слова: пожежа, площа пожежі, температура, ізотерма, ізотермічні поверхні.