

УДК 004.942

Розглянута змістовна і формальна постановка задачі розробки спеціалізованої системи підтримки прийняття рішень з вдосконалення конструкції автомобільних транспортних засобів, наведений узагальнений алгоритм розв'язання задачі та описана програмна реалізація наведеного алгоритму на прикладі модуля оптимізації конструкції гальмової системи колісних машин

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, автотранспортні засоби, вдосконалення, стратегії, фактори, програмний комплекс, гальмове керування

Рассмотрена содержательная и формальная постановка задачи разработки специализированной системы поддержки принятия решений по совершенствованию конструкции автомобильных транспортных средств, приведен обобщенный алгоритм решения задачи и описана программная реализация предложенного алгоритма на примере модуля оптимизации конструкции тормозной системы колесных машин

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, автотранспортные средства, совершенствование, стратегии, факторы, программный комплекс, тормозное управление

The identification of objectives for the development of the specialized decision-support system aimed to improve the vehicle design is considered. The formal description of the problem and the generalized algorithm of its solution are proposed, and the software implementation of the algorithm is described on the example of the vehicle brake design optimization module

Keywords: decision-support system, transportation vehicles, perfection, strategies, factors, software product, braking control

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ІЗ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В.О. Гелло

Факультет мехатроніки транспортних засобів
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет
вул. Петровського, 25, м. Харків, 61002
Контактний тел.: (057) 343-69-33
E-mail: vasek.gello@gmail.com

1. Вступ

Сучасні автотранспортні засоби є складними технічними системами, що мають відповідати високим вимогам до безпеки, економічності, ефективності, комфорту тощо. Все це поряд з існуючими тенденціями щодо скорочення термінів проектування нових виробів висуває нові вимоги для систем підтримки прийняття рішень у автомобільній галузі. Однак, існуючі методи та інструменти підтримки прийняття рішень ще не досягли необхідного рівня уніфікації і тому не можуть ефективно забезпечувати увесь процес формування нових технічних рішень від висунення вимог до створення серійних зразків [1]. Тому необ-

хідним є створення нових гнучких інструментальних засобів, що зможуть задовольнити нові вимоги щодо швидкості та якості проектування. У статті запропоновано прототип такого інструментального засобу та розглянуто приклад для задачі оптимізації гальмової системи – невід'ємної частини будь-якої транспортної машини.

2. Джерела розробки

Програмні комплекси підтримки прийняття рішень у автомобільній галузі представлені декількома різновидами, серед яких можна виділити програмні

інструменти параметричної оптимізації, вбудовані в системи автоматизованого проектування (CATIA Car Body Design тощо), програмні інструменти моделювання ходових випробувань колісних машин (CarSIM, PSAT, CRUISE тощо), та програмні інструменти багатокритеріального аналізу і оптимізації (Simulink). Представлені програмні комплекси вирішують широкий спектр задач з моделювання поведінки колісної машини або іншого механізму з урахуванням нелінійної динаміки факторів, що впливають на процес руху [2]. Однак, основним недоліком таких систем є недостатня гнучкість моделювання різнорідних систем і практична неможливість створення ланцюгів оптимізації та перевірки моделей з високим рівнем автоматизації. Сполучення таких комплексів з програмними інструментами для загальної параметричної оптимізації (modeFRONTIER [3]) вирішує цю проблему, але складність, високі вимоги до рівня підготовки фахівців та висока вартість таких рішень обмежує їх використання навіть великими автовиробниками.

3. Постановка задачі

Задача полягає у створенні спеціалізованого інструментального комплексу, що дозволяє в інтерактивному режимі підготувати дані для прийняття рішень експертною групою, покращуючи таким чином продуктивність процесу проектування нових технічних рішень. Об'єктом дослідження є прийняття рішень з вдосконалення мехатронних приладів, пристроїв та систем, а предметом є програмно-технічний комплекс для підготовки технічних рішень з розвитку автотранспортних засобів та систем.

Для прийняття якісного рішення щодо необхідності та напрямків вдосконалення складної технічної системи необхідно побудувати інформаційно-логічну модель системи та визначити шукані та результуючі параметри системи, що впливають на ефективність її роботи [4]. З аналізу інформаційно-логічної моделі необхідно визначити простір можливих стратегій вдосконалення і сукупність шуканих параметрів, що змінюються при використанні кожної зі стратегій.

4. Аналітичний опис задачі

Розглянемо аналітичний опис задачі вдосконалення складної автотехнічної системи. Нехай існує модель системи, що описується наступним чином:

$$M = \{X, Y, F\},$$

$$F: X \rightarrow Y,$$

де M – модель системи, що підлягає вдосконаленню; X – множина вхідних параметрів системи, Y – множина результуючих параметрів системи, F – множина функціональних зв'язків системи.

На основі аналізу моделі M необхідно визначити всі результуючі параметри, зміна яких є метою вдосконалення, і визначити групи вхідних параметрів, зміна яких впливає відповідним чином на зміну обраних результуючих параметрів. Групи вхідних параметрів X_i та результуючих параметрів Y_i використовуються

для визначення стратегій вдосконалення S_i , що визначається наступним чином:

$$S_i = \{X_i, Y_i, f_i, r_i\}, i = \overline{1, i_0},$$

$$X_i \subseteq X, Y_i \subseteq Y,$$

$$f_i: X_i \rightarrow Y_i, f_i \subseteq F,$$

$$r_i: \langle X_i \rangle \rightarrow \langle X_i \rangle^{opt} \mid \langle Y_i \rangle \rightarrow \langle Y_i \rangle^{opt},$$

де S_i – стратегія вдосконалення; X_i, Y_i – відповідно підмножини вхідних та результуючих параметрів системи, охоплених даною стратегією вдосконалення; f_i – перехідна функція моделі, що пов'язує вхідні та результуючі параметри моделі між собою; r_i – функція оптимізації, що контролює наближення чисельних значень вхідних параметрів $\langle X_i \rangle$ до оптимальних значень $\langle X_i \rangle^{opt}$ при умові наближення значень результуючих параметрів $\langle Y_i \rangle$ до оптимальних значень $\langle Y_i \rangle^{opt}$. При цьому, множини значень параметрів є рівнопотужними до множин самих параметрів:

$$|\langle X_i \rangle| = |\langle X_i \rangle^{opt}| = |X_i|,$$

$$|\langle Y_i \rangle| = |\langle Y_i \rangle^{opt}| = |Y_i|.$$

Задача особи, що приймає рішення, є вибір такої сукупності стратегій вдосконалення, що перекривала б зміну усіх результуючих параметрів, необхідних для вдосконалення системи. Позначимо цю сукупність як D :

$$D = \{S_i\}, D \subseteq U,$$

де U – вся сукупність стратегій вдосконалення, отримана з моделі системи.

Обрана сукупність стратегій D та множини вхідних та результуючих параметрів X_i, Y_i формують задачу оптимізації.

Узагальнений алгоритм розв'язання можна представити у вигляді наступних кроків:

1. Побудувати модель системи M , визначити вхідні та результуючі параметри системи X та Y .

2. Вибрати з множини вхідних параметрів X одну чи декілька груп параметрів X_i за умови, що значення цих параметрів можуть змінюватися разом для зміни деяких результуючих параметрів.

3. На основі обраних груп сформувані стратегії вдосконалення S_i і визначити методи оптимізації r_i для кожної стратегії.

4. Зі сформованого простору стратегій U обрати таку сукупність стратегій D , що дозволила б задіяти вдосконалення всіх результуючих параметрів – цілей вдосконалення.

5. Визначити межі значень вхідних параметрів $\langle X_i \rangle$ та результуючих параметрів $\langle Y_i \rangle$ та початкові значення всіх вхідних параметрів на початку оптимізації.

6. Виконати оптимізацію вхідних параметрів $\langle X_i \rangle$ за допомогою функцій оптимізації r_i .

7. Якщо отримані значення результуючих параметрів $\langle Y_i \rangle$ є оптимальними, то запам'ятати значення вхідних параметрів $\langle X_i \rangle^{opt}$ та перейти до п.8, інакше змінити значення і перейти до п.6.

8. Якщо отримані оптимальні значення результуючих параметрів системи $\langle X_i \rangle^{opt}$ для всіх стратегій,

і значення одних і тих самих параметрів для різних стратегій є різними, то провести уніфікацію параметрів і видати оптимальні значення користувачеві, інакше перейти по п.4.

5. Задача вдосконалення гальмової системи колісної машини

Перейдемо до опису практичного прикладу, що ілюструє використання запропонованої моделі. Існує двовісна колісна машина зі стандартним гальмовим керуванням, що включає в себе роботу гальмову систему та стоянкову гальмову систему, які спільно використовують гальмові механізми, розташовані на передніх та задніх колесах [5,6]. Основні конструктивні та експлуатаційні параметри задані з результатів попередніх випробувань та технічних специфікацій. Необхідно розглянути можливість вдосконалення гальмового керування по значенню кінетичної енергії, що поглинається під час екстреного гальмування, і температурному навантаженню, яке виникає під час цього процесу.

Побудуємо структурну схему гальмового керування, користуючись системним підходом до гальмової системи.

Структурна схема гальмового керування наведена на рис. 1.

На рисунку різними видами ліній показані різні види керуючих взаємодій та потоків енергії та речовини. Проаналізувавши структурну схему гальмового керування та вибравши з технічної специфікації гальмової системи всі конструктивні та експлуатаційні параметри, необхідно побудувати інформаційно-логічну модель гальмового керування, на основі якої формується простір стратегій вдосконалення. Простір стратегій вдосконалення доцільно представити у вигляді дерева (рис. 2).



Рис. 2. Дерево стратегій вдосконалення гальмової системи

Далі необхідно обрати таку сукупність стратегій з розрахованого простору стратегій, що перекривала б всі вхідні параметри гальмового керування. Ця задача виконується особою, що приймає рішення. Для розглянутого випадку такими стратегіями є стратегії 5, 6, 7 та 10.

Після вибору всіх стратегій, за якими буде вестися оптимізація шуканих параметрів, будеться імітаційна модель системи і запускатиметься розрахунок оптимальних вхідних параметрів гальмового керування. Результати можуть бути представлені у вигляді багатовимірному кубу та інших засобів візуалізації розв'язків.

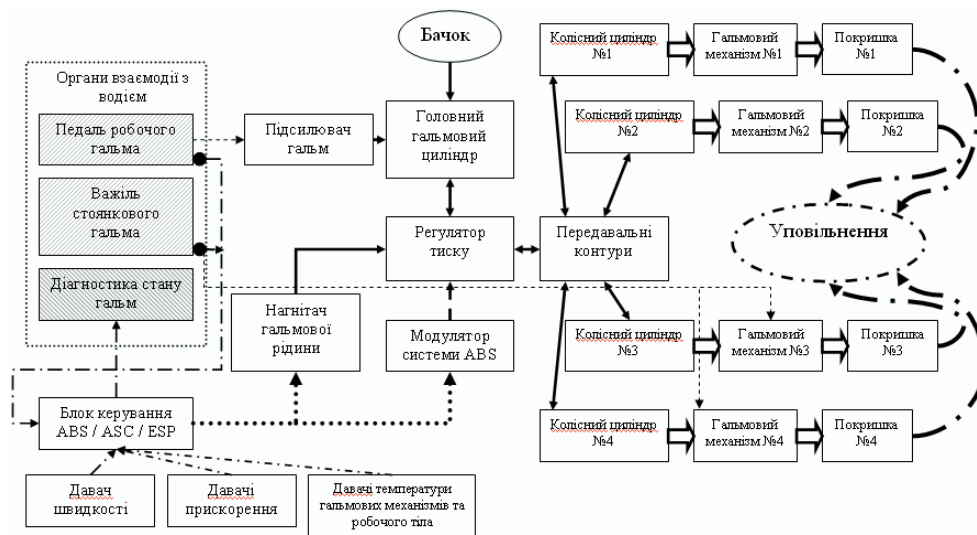


Рис. 1. Структурна схема гальмового керування

6. Програмна реалізація розробки

На основі запропонованої моделі розроблений програмний комплекс „STOPtimize”. Програмний комплекс є

розподіленою системою, що складається з розрахункового ядра, модуля підготовки випробувань та модуля візуалізації, контролера розподілених обчислень із базою даних випробувань. Розрахунковий модуль слугує для обчислення параметрів процесу гальмування транспортного засобу і його поведінки на дорозі під час гальмування. Модуль візуалізації слугує для відображення результатів моделювання у вигляді дво- і тривимірних графіків або тривимірних сцен, що наочно відображують рух транспортного засобу під час моделювання. Модуль підготовки випробувань слугує для введення даних за стратегіями вдосконалення. База даних випробувань і контролер розподілених обчислень координують дії окремих розрахункових вузлів, розміщених на комп'ютерах у обчислювальній мережі. Така структура дозволяє використовувати нові можливості паралельного обчислення, що нині активно розвиваються.

Графічний інтерфейс користувача включає в себе форми введення параметрів щодо конструкції автомобіля, дорожні умови та маневри, щодо яких виконується оптимізація параметрів процесу гальмування (рис. 3).

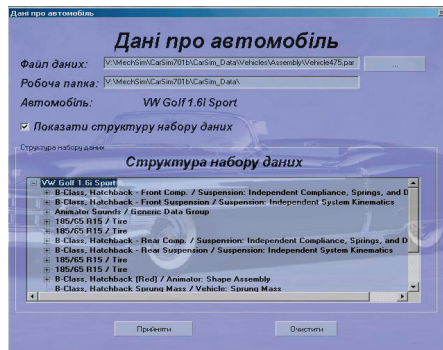


Рис. 3. Екранна форма програми для введення даних про автомобіль

Для редагування параметрів необхідно вибрати їх зі списку. Після введення параметрів про автомобіль та виконання початкового розрахунку і вибору стратегії оптимізації (наприклад, стратегії заміни дискових гальмових механізмів на механізми більшого розміру) відкривається вікно для введення значень вихідних параметрів та меж їх зміни під час оптимізації (рис. 4).

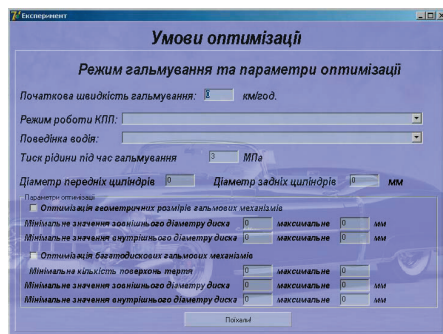


Рис. 4. Екранна форма програми для введення значень параметрів оптимізації

Після введення всіх даних починається процес відшукування оптимальних параметрів гальмової системи згідно з введеними вхідними даними. Після завершення

розрахунку результати для кожного набору параметрів (експерименту) можна продивитись у вигляді графіків зміни кінцевих параметрів. На рис. 5 наведений графік зміни швидкості легкового автомобіля під час помірного гальмування на прямому відрізку шляху з асфальтовим покриттям зі швидкості 80 км/год.

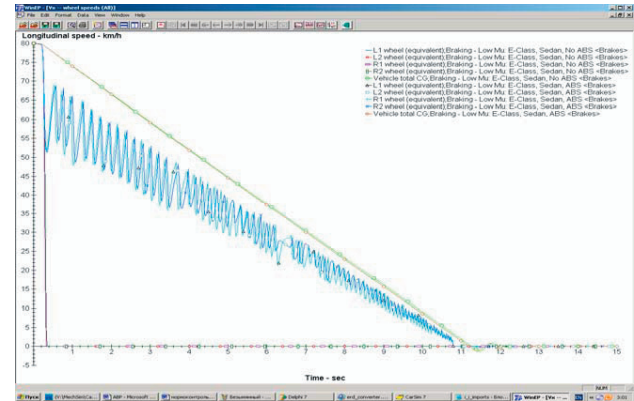


Рис. 5. Графік зміни швидкості автомобіля

Розроблена система є відкритою. Тому моделювання поведінки автомобіля може здійснюватися як силами власних обчислювальних кодів, так і силами програмних кодів сторонніх розробників.

7. Резюме

Розроблені теоретичні положення та програмний комплекс дозволяють спростити процес прийняття рішень з вдосконалення складних автотранспортних систем, таких як конструкція колісних машин в цілому або конструкція їх агрегатів зокрема. Технічний та економічний ефект розробки полягає у покращенні якості технічних рішень і зменшенні часу і вартості проектування або доводки транспортних машин.

Перспективою розвитку комплексу є створення повноцінного редактору моделей підсистем, пост-процесора для візуалізації результатів та завершення роботи над обчислювальним кодом моделювання динаміки автомобіля.

Література

1. Халл Э., Джексон К., Дик Д. Разработка и управление требованиями. Практическое руководство пользователя. Второе издание – М.: «Telelogic-Press», 2005. – 240с.
2. CarSIM 7 Theoretical Guide / Published by Mechanical Simulation Systems, Inc., 2007.
3. modeFRONTIER Learning E-Course / Esteco s.r.l, 2009.
4. В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. Системный анализ. Вводный курс. / 2-е издание, переработанное и дополненное – Х.: ХНУРЭ, 2003 – 449с.
5. Раймпель Й. Шасси автомобиля: Элементы подвески / пер. с нем. А.Л. Карпущина; под ред. Г.Г. Гридадова. М.: Машиностроение, 1987. – 288с.
6. Thomas D. Gillespie. Fundamentals of Vehicle Dynamics. / Published by Society of Automobile Engineers (SAE), Inc., 2004. – 294р.