УДК 625.7

В. А. Макаров
А. В. Свіргун

ПРО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ ЗА ПІДТРИМКИ ЕЛАСТИЧНОГО РУШІЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод поліпшення курсової стійкості та маневреності руху автомобіля. Для оцінки ступеня поліпшення курсової стійкості руху автомобіля слід використовувати біфуркаційну систему і фазові портрети.

Ключові слова: автомобіль, стійкість руху, еластичний рушій, керованість, маневреність, біфуркаційна множина.

Abstract

A method for improving the directional stability and maneuverability of a vehicle has been proposed. A bifurcation system and phase portraits should be used to assess the degree of improvement in the directional stability of a vehicle.

Keywords: car, motion stability, elastic engine, controllability, maneuverability, bifurcation set.

Вступ

Однією з важливих властивостей автомобіля є курсова стійкість руху (КСР), що обумовлює можливість керованості транспортного засобу. Окрім того, КСР суттєво впливає на слідуючи важливі експлуатаційні властивості: динамічність, екологічність та безпеку [1-3].

Метою роботи є розроблення методу покращення курсової стійкості руху за критерієм найбільш повного забезпечення керованості та маневреності автомобіля.

Результати дослідження

Передбачається, що поліпшення КСР буде виконуватися за критерієм найбільш повного забезпечення керованості автомобіля, тобто реалізації програмного руху транспортного засобу (ТЗ) згідно із сигналами кермового управління (не тільки при прямолінійному та коловому русі, але також на перехідних режимах), при дії збурюючих впливів, що передбачені вимогами Держстандарту. Кількісними параметрами, які дозволяють оцінити ступінь поліпшення КСР є слідуючи: біфуркаційна множина і фазові портрети [1-3]. Результатом поліпшення може бути збільшення зони керованості в просторі керованих параметрів:

- швидкості та кута повороту колеса (V, Θ), що ілюструє біфуркаційна множина;
- збільшення області притягання стійких стаціонарних режимів (контролюється шляхом побудови фазового портрету системи в точках відповідного стаціонарного стану).

Нижче аналізується вплив кута відведення еластичного рушія на залежність бічної сили від жорсткісних факторів. На рис. 1 представлені графіки залежностей бічних сил як функцій кутів відведення (параметр $mm1 \neq 0$ характеризує асиметричну кутову неоднорідність коліс лівого (крива 1) і правого (крива 2) бортів).

Розглянуте явище еквівалентно наявності кутів розвалу коліс, які впливають на курсову стійкість руху, а також керованість і знос шин. Розвал - це кут нахилу колеса відносно вертикальної осі, коли автомобіль стоїть на рівній поверхні. Розрізняють:

- позитивний розвал — коли верхня частина колеса нахилена назовні;
- негативний розвал — коли верхня частина колеса нахилена всередину.

Надмірний позитивний розвал може призвести до нерівномірного зносу зовнішнього боку шин, а надмірний негативний — до зносу внутрішньої частини.

Сходження - це кут, під яким колеса спрямовані відносно поздовжньої осі автомобіля. Сходження може бути:

- позитивне — коли передня частина колеса нахилена до центру автомобіля;
- негативне — коли передня частина колеса нахилена назовні.

Неправильне сходження може призвести до нерівномірного зносу шин і погіршення керованості. Оптимальні значення цих кутів залежатимуть від конкретної марки та моделі автомобіля, а також від типу експлуатації.

Нижче наведені графіки зміни бічних сил як функцій кута відведення шин (рис. 2).

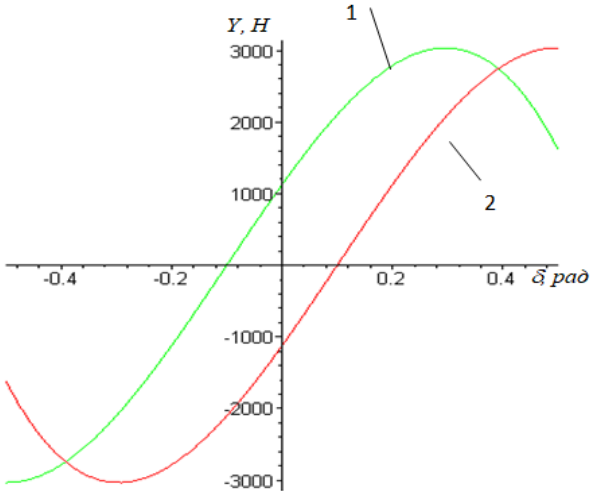
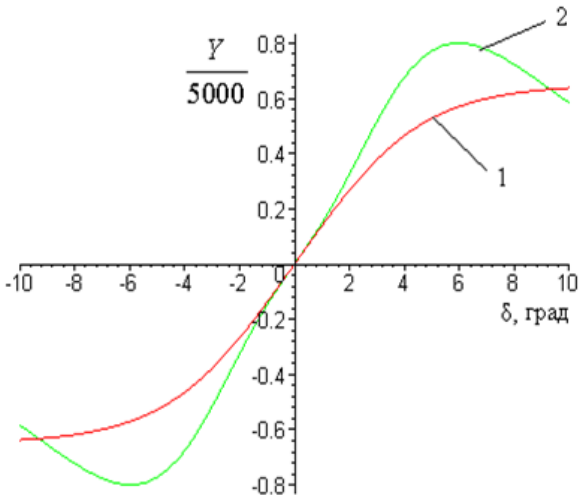


Рис. 1 Залежності бічних сил від кутів відведення шин однієї вісі автомобіля



1 – шина, що не має “механізму” зміни бічної жорсткості;
2 – шина з бічною жорсткістю, яка є функцією від бічної сили при коченні колеса.
Рис. 2. Залежність бічної сили від кута відведення

Залежність бічної сили (або сили, яка діє перпендикулярно до напрямку руху автомобіля) від кута відведення є важливим аспектом для розуміння динаміки руху автомобіля, зокрема його керованості та стійкості. Бічна сила виникає в результаті взаємодії шин з дорогою, коли автомобіль відхиляється від своєї траєкторії руху, і залежить від кількох факторів, зокрема від кута відведення коліс і дорожніх умов. Існує лінійна та нелінійна залежності бічної сили від кута відведення.

Для невеликих кутів відведення, коли відхилення автомобіля незначне, залежність між бічною силою і кутом відведення зазвичай можна описати лінійною. Це означає, що чим більший кут відведення, тим більша бічна сила, яка впливає на автомобіль. Однак цей ефект обмежений тим, наскільки сильно колеса можуть змінювати своє зчеплення з дорогою.

$$F_{біч} = C \cdot \theta, \tag{1}$$

де С — коефіцієнт жорсткості шини (залежить від типу та стану шини),

θ — кут відведення.

При великих кутах відведення, залежність між бічною силою і кутом стає нелінійною. Це відбувається через те, що шини досягають свого максимального зчеплення з дорогою, і подальше збільшення кута відведення вже не призводить до пропорційного зростання бічної сили. Існує межа, коли бічна сила більше не зростає, навіть якщо кут відведення збільшується. Це явище характерне для шини, яка переходить у неконтрольований стан (підвищення кута відведення за певної швидкості призводить до «підклинювання» або втрати зчеплення).

$$F_{біч} = C \cdot \sin(\theta), \tag{2}$$

Аналіз графіків (див. рис. 1 та рис. 2) дозволяє зробити висновок про те, що шина зі змінною бічною жорсткістю сприймає більші значення бічної сили, крива якої характеризується “увігнутістю” після ділянки лінійної залежності.

Висновки

1. Наявність точок перегину на графіку залежності бічної сили від відведення, що пропонується в роботі, дозволило збільшити зони, в яких існує стійкий стаціонарний режим руху, та обумовити появу нових областей зі стійким стаціонарним режимом руху.

2. Шляхом удосконалення конструкції шини можливо отримати властивості еластичного колеса, які обумовлюють появу точок перегину.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Аспекти розвитку, функціонування та дослідження еластичного рушія колісного транспортного засобу : монографія / В. А. Макаров, Т. В. Макарова, Д. В. Борисюк, Є. В. Смирнов; за заг. ред. В. А. Макарова. Вінниця : ВНТУ, 2023. 149 с.

2. Вербицький В.Г. До питання про вплив розташування шин із жорсткісною неоднорідністю на курсову стійкість руху легкового автомобіля / В.Г. Вербицький, В.А. Макаров, А.В. Костенко // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2007. – № 2. – С. 7 – 15.

3. Schubert J. Experimentelle und teoretische Untersuchungen zum Reifen, Doktor-IngenieursDissertation: Fahrbahn-Rollgeräusch / J. Schubert. Dresden, 2003. – 113 s.

Макаров Володимир Андрійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: makarov@vntu.edu.ua

Свіргун Андрій Володимирович – аспірант групи 275-22а, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Факультет машинобудування та транспорту svirgun @gmail.com.

Makarov Volodymyr – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: makarov@vntu.edu.ua.

Svirgun Andriy – postgraduate student of group 275-22a, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, svirgun @gmail.com.