

УДК 629.113

Вербицький В.Г., д.ф.-м.н., Макаров В.А., к.т.н., Костенко А.В., к.т.н.

ДААТ, м. Донецьк

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ КУРСОВОЇ СТІЙКОСТІ РУХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Розглянуто основні показники курсової стійкості руху легкового автомобіля: діаграму біфуркаційної множини, фазовий портрет та траєкторію центру мас. Наведено алгоритм визначення та аналізу показників курсової стійкості. Наведені приклади основних показників курсової стійкості та виконаний їх аналіз. Аналіз фазових портретів дозволяє враховувати параметри конкретного автомобіля і перехідні процеси з означеними еластичними рушійями.

Вступ

Курсова стійкість руху (КСР) — це важлива експлуатаційна властивість легкового автомобіля. Основними показниками КСР є діаграма біфуркаційної множини (стійкість у малому), фазовий портрет (стійкості у великому) та траєкторія центра мас.

Мета роботи

Метою роботи є розробка методики визначення та аналізу показників КСР.

Основна частина

Об'єктом дослідження обрано велосипедну модель легкового автомобіля. Розглянуто основні показники КСР: діаграму біфуркаційної множини (БМ); картину фазової площини (ФП), траєкторію центра мас [1]. Послідовність визначення та аналізу БМ і ФП наведена на рис. 1.

Автомобіль знаходиться під дією постійних зовнішніх збурюючих впливів: бічного вітру, що діє поперек напрямку руху, а також моменту зовнішніх сил, обумовленого протилежною дією силових реакцій в контактах вісей із дорогою (за рахунок конусності еластичних шин та їх установки по різних вісях автомобіля).

Спочатку виконується введення сукупності вихідних даних (блок 1):

- безрозмірної зовнішньої бічної сили (Y_6);
- безрозмірного моменту зовнішніх сил відносно вертикальної вісі, що проходить через центр мас автомобіля (M_k);
- маси автомобіля (m);
- центрального моменту інерції відносно вертикальної вісі, що проходить через центр мас (J);
- коефіцієнтів зчеплення (φ_i) передньої і задньої вісі, відповідно; $i = 1, 2$;
- відстаней від вісей до центру мас (a та b) від передньої або задньої вісі, відповідно;
- бази автомобіля (l);
- коефіцієнтів опору відведення (k_1 та k_2) для передньої або задньої вісі, відповідно;
- вертикальних навантажень (N_1 та N_2) на передню або задню вісь, відповідно.

Апаратом блоку 2 визначаються Y_j - вертикальні реакції на вісях в k_2 та H , розраховуються значення безрозмірних коефіцієнтів і величина критичної швидкості прямолінійного руху.

Блок 5 здійснює перехід до зворотної функції $G_2 = f_2 - f_1$.

Далі, з використанням графоаналітичного методу, здійснюється побудова діаграми БМ: площа параметрів θ і ν , що керуються, поділяється на області з різною кількістю стаціонарних режимів руху (рис. 2) [2].

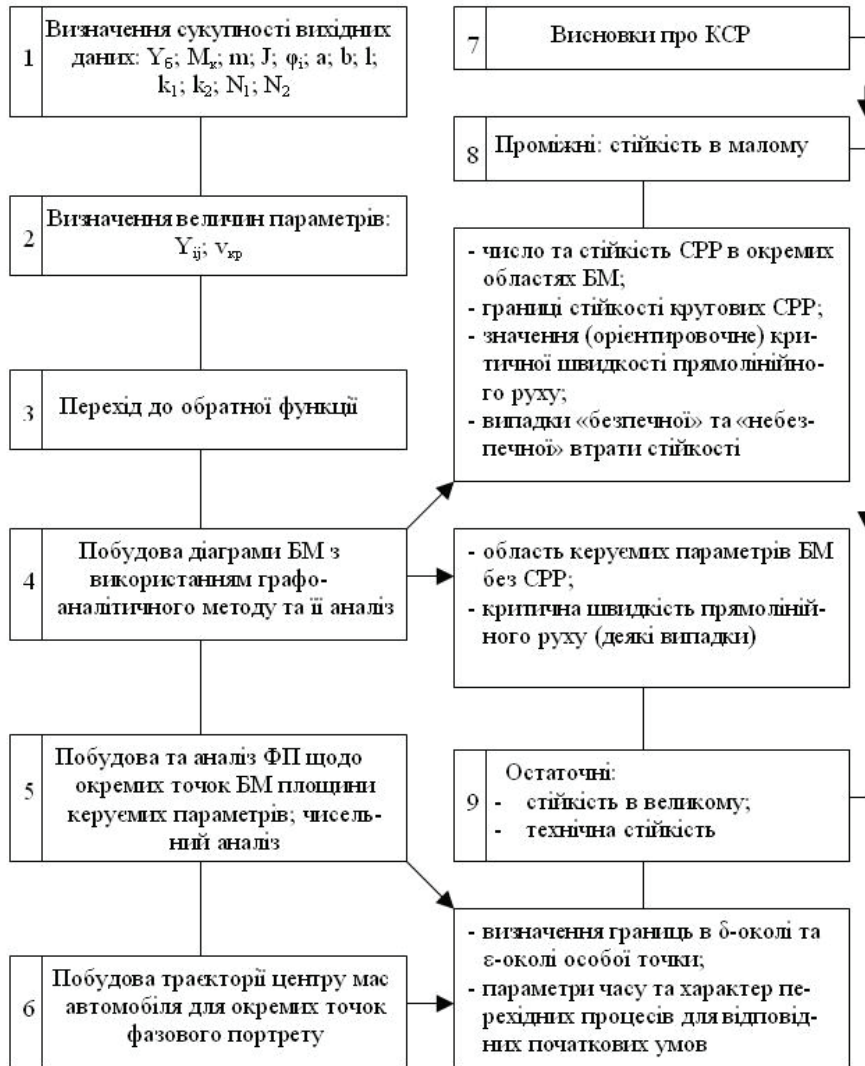


Рис. 1. Послідовність етапів побудови та аналізу показників КСР: СРР — стаціонарний режим руху

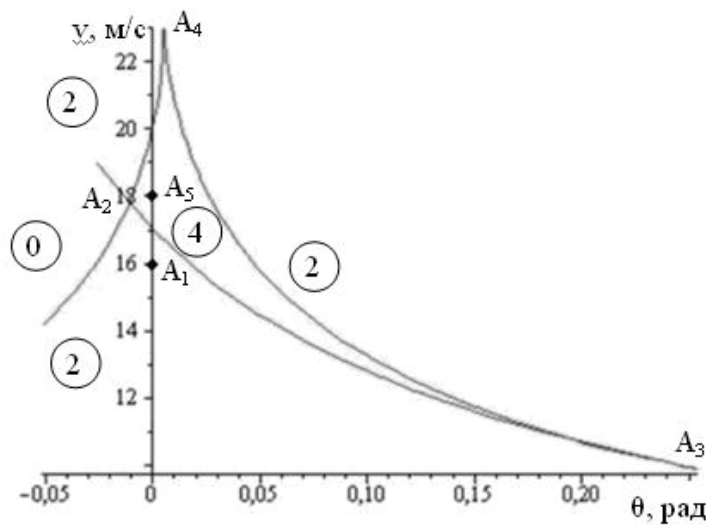


Рис. 2. Діаграма біфуркаційної множини

На діаграмі число СРР позначено цифрами, що проставлені в колах. Аналіз наведеного показника КСР виконується нижче. В розглянутому випадку наявні 4 і 2 СРР, відповідно, в замкнутій фігурі $A_2A_3A_4$, а також вище, нижче і праворуч позначеної фігури. Ліворуч точки A_2 розміщується область, яка не містить жодного СРР.

Така несиметрична відносно ординати біфуркаційна множина відповідає випадку, коли модель автомобіля є несиметричною відносно вертикальної вісі, що проходить через центр мас. Означена біфуркаційна діаграма для асиметричної моделі є перерізом поверхні «ластівкин хвіст»: максимальна кількість СРР — 4, при переході границі кількість стаціонарних станів змінюється на 2. Несиметричність БМ обумовлена наявністю постійно діючих додаткових збурюючих факторів: бічної сили та моменту. Крім того, в даному випадку не визначається однозначно величина критичної швидкості. Величина $V_{кр}$ прямолінійного руху приблизно дорівнюється ординаті однієї з точок загострень.

Аналізуючи на цьому етапі перший показник КСР, можна зробити один остаточний висновок щодо заносонебезпечності області, яка не має жодного СРР.

Для отримання більш докладнішої інформації слід побудувати фазові портрети та траєкторію центру мас автомобіля у площині дороги, що виконується блоком 5. Перший фазовий портрет побудований для точки A_1 БМ, в якій $\theta = 0$ і $v = 16$ м/с. Згідно рис. 2 точка A_1 розміщена в області, де існують два СРР: один стійкий, а другий — нестійкий (рис. 3).

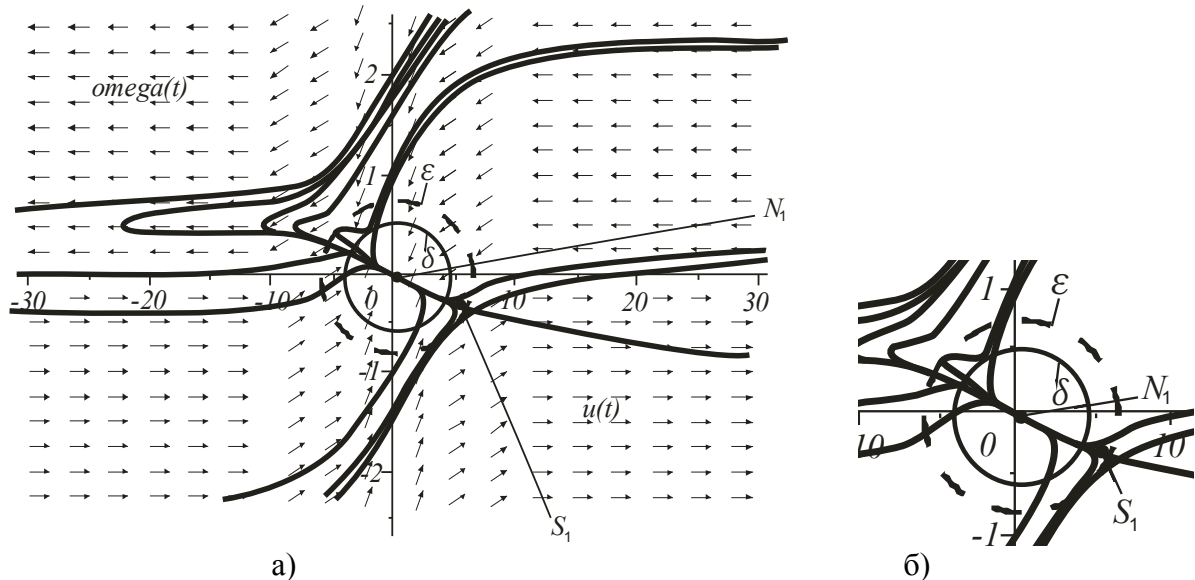


Рис. 3. Фазова площина щодо точки A_1 БМ:

а) фазовий портрет в цілому; б) фрагмент ФП в околі точки N_1

Означений ФП містить стійкий вузол N_1 (стійкий круговий режим) та сідло S_1 (нестійкий круговий режим). Область стійкості обмежують сепаратриса, що дозволяють позначити область притягання стійкого СРР. В околі стійкого вузла N_1 можна побудувати коло, що обмежує δ -оکیل означеної точки N_1 і містить фазові траєкторії, які (в якості початкових умов) не можуть покинути ϵ -окола стійкого вузла. Наприклад, траєкторія A , що при початкових умовах в точці її касання з колом δ -області, зміщується далі від точки N_1 , але не покидає ϵ -окола. Перехідний процес закінчується у вузлі N_1 . Вид графіка траєкторії та час руху за зазначеною траєкторією до вузла N_1 обумовлені конкретними технічними характеристиками автомобіля та його еластичного рушя. Таким чином, сформована область притягання точки N_1 , що визначає технічну стійкість СРР.

Траєкторія центру мас асиметричної моделі автомобіля відповідає стійкому вузлу (стійкий круговий режим в точці N_1). Ілюстрація зі зміною цієї траєкторії наведена на рис. 4. Початкові значення фазових збурень дорівнюють нулю.

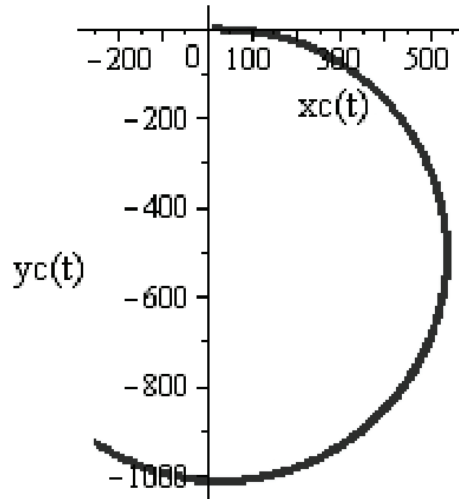


Рис. 4. Траекторія центру мас автомобіля в площині дороги (випадок N_1)

Наступний ФП (рис. 5), побудований для умов БМ в точці A_5 , знаходиться в області, в якій існують 4 стаціонарні режими руху одночасно: 2 стійкі та 2 нестійкі. Стійкий вузол N_1 (стійкий круговий режим); стійкий фокус F_1 (стійкий круговий режим, що віддалений від початку координат). Сідло S_1 і сідло S_2 характеризують нестійкі кругові режими.

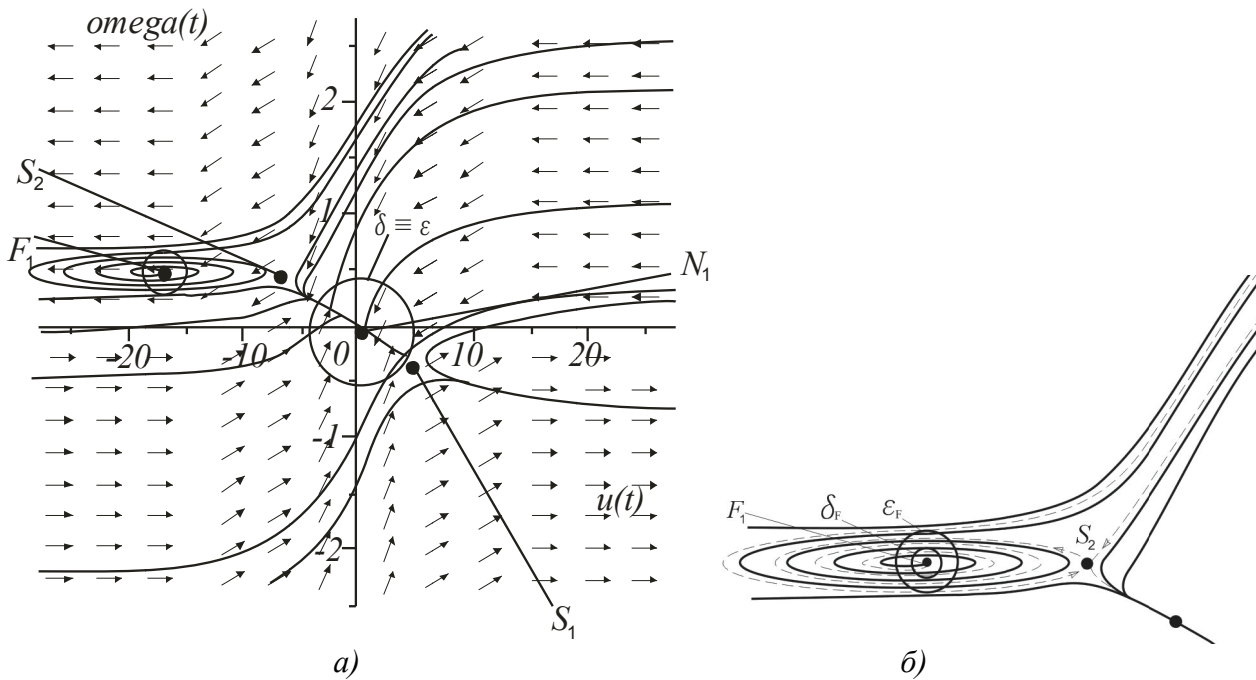


Рис. 5. Фазова площина щодо точки A_5 БМ:

а) фазова площина в цілому; б) фрагмент фазової площини в околі стійкого фокусу F_1

Для характеристики оцінки стійкості СРР у великому намічається коло в околі точки N_1 . Всі траєкторії, що мають початкові умови в області δ , повинні не покидати ε -оکیل точки N_1 . Особливості означеного фазового портрета обумовлюють тотожність δ - та ε -околів (рис. 5а). Особливості ФП визначаються конструкцією автомобіля з конкретними еластичними рушіями. Фазові траєкторії в околі фокуса F_1 мають несприятливу форму, що ускладнює формування δ - та ε -околів точки F_1 .

Траєкторії руху центру мас автомобіля в стійких точках F_1 та N_1 наведені на рис. 6.

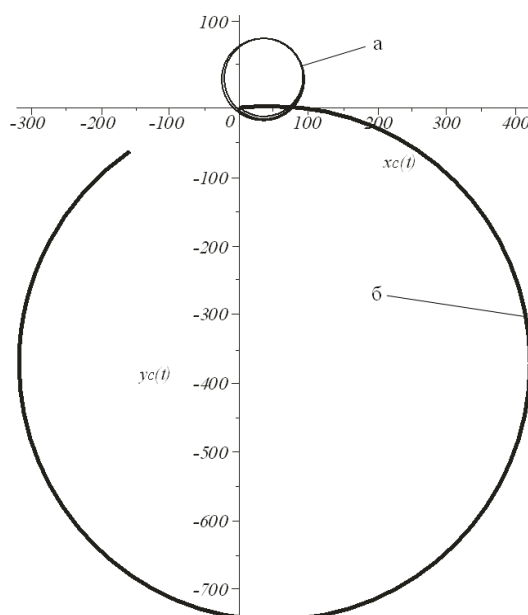


Рис. 6. Траєкторії центру мас автомобіля під час стаціонарного режиму руху:
a — в стійкому фокусі F_1 ; *b* — в стійкому вузлі N_1

Висновки

1. Розроблено методику визначення та аналізу таких показників КСР: діаграми біфуркаційної множини, фазового портрета та траєкторії центру мас.
2. Аналізуючи діаграму біфуркаційної множини, можна зробити один остаточний висновок щодо заносонебезпечності області, яка не має жодного стаціонарного режиму руху.
3. Більш повна і точна оцінка КСР потребує побудови фазових портретів та траєкторій руху центру мас автомобіля у площині дороги.
4. Аналіз фазових портретів дозволяє визначити δ - і ε - околиці точок стійких стаціонарних режимів руху й, тим самим, перейти до стійкості в великому: враховувати параметри конкретного автомобіля і перехідні процеси з означеними еластичними рушіями.

Список літератури

1. Лобас Л.Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин / Л.Г. Лобас, В.Г. Вербицкий. — Киев: Наукова думка, 1990. — 232 с.
2. Зайцев В.Г. До питання про забезпечення курсової стійкості руху легкового автомобіля під час його експлуатації / В.Г. Зайцев, В.А. Макаров, А.В. Костенко та ін. // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. — 2008. — № 2. — С. 40-46.

Стаття надійшла до редакції 24.10.09
 © Вербицький В.Г., Макаров В.А., Костенко А.В., 2009