

УДК 629.017

ПОДРИГАЛО М.А., КОРОБКО А.І., КЛЄЦ Д.М., ХНАДУ

ОЦІНКА ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ АВТОМОБІЛЯ

Предложены критерии оценки динамической устойчивости автомобиля, такие как фактор неустойчивости и начальное угловое ускорение автомобиля в плоскости дороги. Определено влияние конструктивных параметров автомобиля на показатели его динамической устойчивости.

Вступ. Стійкість руху автомобіля є важливою експлуатаційною властивістю, що впливає на безпеку руху.

В даній статті запропоновано критерії оцінки динамічної стійкості автомобіля. В якості таких критеріїв запропоновано фактор нестійкості і початкове кутове прискорення автомобіля в площині дороги.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. В роботах Чудакова Е. А. [1, 2] введено поняття стійкості проти заносу і стійкості при заносі. Під стійкістю проти заносу Е. А. Чудаков розумів здатність автомобіля не попадати в умови, при яких можливий занос. Стійкість при заносі розглядалась [2] у випадку виникнення кутового відхилення повздовжньої осі автомобіля в процесі руху. В роботі Я. М. Певзнера [3] був запропонований критерій стійкості автомобіля при заносі, в якості якого використовувалось критичне бокове прискорення

$$\omega_{кр} = \frac{\varphi g}{v_a}, \quad (1)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою;
 g – прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$;
 v_a – лінійна швидкість автомобіля.

На основі теорії стійкості А. М. Ляпунова в роботі Гецовича Е. М. [4] запропоновано критерій – час стабілізації положення автомобіля.

Нами [5] запропоновано визначати стійкість проти заносу як статичну стійкість, а стійкість при заносі – як динамічну стійкість автомобіля. В роботі [6] нами запропоновано критерій стійкості автомобіля проти заносу (критерій статичної курсової стійкості) – коефіцієнт стійкості, який визначається як

$$k_{ст} = \frac{M_{ст\bar{\delta}}}{M_{з\bar{\delta}}}. \quad (2)$$

де $M_{ст\bar{\delta}}$ – стабілізуючий момент;
 $M_{з\bar{\delta}}$ – збурюючий (дестабілізуючий) момент.

Проте указаний коефіцієнт стійкості проти заносу не може бути критерієм оцінки динамічної стійкості автомобіля. Необхідно визначити взаємозв'язок між указаним коефіцієнтом і початковим кутовим прискоренням автомобіля при заносі.

Мета і постановка задач дослідження. Метою дослідження є розробка критерію оцінки динамічної стійкості руху автомобілів.

Для досягнення даної мети необхідно визначити взаємозв'язок між коефіцієнтом стійкості автомобіля проти заносу і його початковим кутовим прискоренням.

Розробка критеріїв динамічної стійкості руху автомобіля. Рівняння обертального руху автомобіля при заносі має вид [6]

$$I_{zc} \cdot \frac{d\omega_z}{dt} = M_{зб} - M_{cmб} = M_{зб}(1 - k_{ycm}), \quad (3)$$

де I_{zc} – момент інерції автомобіля відносно центральної вертикальної осі;
 ω_z – кутова швидкість автомобіля в площині дороги;
 t – час.

При $k_{cm} > 1$ занос автомобіля неможливий, оскільки $\frac{d\omega_z}{dt}$ в першій частині рівняння (3) менше нуля. Якщо $k_{cm} = 1$, то рух автомобіля відбувається при байдужій рівновазі.

Цікавим є випадок, при якому $k_{cm} < 1$.

Величина кутового прискорення $\frac{d\omega_z}{dt}$, що виникає в початковий момент дії збурюючого моменту буде додатною і прямо пропорційною величині цього моменту, а також коефіцієнту нестійкості

$$k_{нест} = 1 - k_{cm}. \quad (4)$$

Якщо прийняти початкове кутове прискорення $\left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_0$ в якості критерію схильності автомобіля до розвитку заносу і допустити, що в процесі малих відхилень повздовжньої осі від незбуреного положення величини k_{cm} і $M_{зб}$ змінюються несуттєво, то указане початкове кутове прискорення можна прийняти в якості критерію динамічної стійкості руху автомобіля.

Початкове кутове прискорення із виразу (3) можна визначити як

$$\varepsilon_0 = \left(\frac{d\omega_z}{dt}\right)_0 = M_{зб} \frac{1 - k_{cm}}{I_{zc}} = M_{зб} \cdot \Phi_{нест}, \quad (5)$$

де $\Phi_{нест}$ – фактор динамічної нестійкості руху автомобіля, що характеризує величину кутового прискорення, яке відноситься до одиниці збурюючого моменту.

Момент інерції відносно центральної вертикальної осі може бути визначений як

$$I_{zc} = m_a \cdot i_z^2, \quad (6)$$

де m_a – загальна маса автомобіля;

i_z – радіус інерції автомобіля відносно вертикальної осі.

В роботі [7] запропонована формула для розрахунку радіуса інерції автомобіля відносно вертикальної осі

$$i_z = \sqrt{\frac{1}{2}ab + \frac{B^2}{12}}, \quad (7)$$

де a, b – відстань від передньої і задньої осей до проекції центру мас автомобіля на горизонтальну поверхню;

B – колія автомобіля.

Фактор динамічної нестійкості руху автомобіля з урахуванням (6) і (7) буде визначатись наступною залежністю

$$\Phi_{\text{нест}} = \frac{2(1 - k_{cm})}{m_a \left(ab + \frac{B^2}{6} \right)}. \quad (8)$$

Враховуючи, що

$$a = L - b, \quad (9)$$

де L – повздовжня колісна база автомобіля, отримаємо

$$\Phi_{\text{нест}} = \frac{2(1 - k_{cm})}{m_a \left(Lb - b^2 + \frac{B^2}{6} \right)}. \quad (10)$$

Аналіз функції $\Phi_{\text{нест}} = \Phi_{\text{нест}}(b)$ відомими методами знаходження екстремуму показав, що при $b/L = 0,5$ указана функція має мінімум. Це означає, що автомобілі у яких проекція центру мас на горизонтальну поверхню знаходиться посередині повздовжньої колісної бази, володіють найбільшою динамічною стійкістю руху.

Рівняння (5) може бути використане не тільки для оцінки початкового бокового прискорення автомобіля в площині дороги. Якщо $M_{z\bar{b}}$ і $\Phi_{\text{нест}}$ являються функціями від ψ і ω_z , то рівняння (5) матиме вид

$$\varepsilon = \frac{d\omega_z}{dt} = M_{z\bar{b}}(\psi; \omega_z) \cdot \Phi_{\text{нест}}(\psi; \omega_z). \quad (11)$$

Якщо в процесі заносу хоча б один із співмножників в правій частині рівняння (11) прийме нульове або від'ємне значення, то це буде означати, що занос або не розвивається або починає затухати.

Висновки

1. В результаті проведеного дослідження запропоновані критерії оцінки динамічної курсової стійкості автомобіля, в якості яких прийняті початкове кутове прискорення при заносі і фактор динамічної нестійкості руху автомобіля. Фактор динамічної нестійкості представляє собою коефіцієнт пропорційності між збурюючим моментом і величиною початкового кутового прискорення автомобіля в площині дороги.

2. Отримані залежності дозволяють оцінити вплив конструктивних параметрів автомобіля на показники його динамічної стійкості. Найбільш стійкими є автомобілі у яких центр мас розташований посередині колісної бази.

3. Фактор динамічної нестійкості може бути використаний і для оцінювання поведінки автомобіля в процесі заносу, оскільки його величина, як і величина збурюючого моменту, можуть змінюватись з часом.

Список літератури: 1. Чудаков Е. А. Устойчивость автомобиля против заноса. – М.: Машгиз, 1949. – 143 с. 2. Чудаков Е. А. Устойчивость автомобиля при заносе. – М.–Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 144 с. 3. Певзнер Я. М. Теория устойчивости автомобиля. – М.: Машгиз, 1947. – 156 с. 4. Гецович Е. М. Исследование предельных возможностей противоблокировочных систем по обеспечению устойчивости автомобиля: Автореф. дис. ... канд. техн наук / Харьк. автом. дорожный ин-т. – Харьков, 1980. 20 с. 5. Динамика автомобиля / М. А. Подригало, В. П. Волков, А. А. Бобошко, В. А. Павленко, В. Л. Файст, Д. М. Клец, В. В. Редько / Под ред. М. А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2008. – 424 с. 6. Устойчивость колёсных машин против заноса в процессе торможения и пути её повышения / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Павленко, В. Н. Павленко, М. В. Байцур, А. И. Назаров, В. О. Алексеев / Под ред. М. А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2006. – 377 с.