

В. Р. МАНДРИКА, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХПІ»;
В. Г. ШЛИКОВА, студентка НТУ «ХПІ»

КЕРОВАНІСТЬ І СТІЙКІСТЬ РУХУ АВТОМОБІЛЯ В-КЛАСУ З СИСТЕМОЮ ESP

Пропонується порівняльна характеристика траєкторії руху автомобіля В-класу з системою ESP і без неї по керованості та стійкості при заносі автомобіля на дорозі. В результаті були зроблені висновки про доцільність використання системи ESP на автомобілях В-класу.

Ключові слова: стійкість, керованість, критична швидкість, траєкторія руху.

Вступ. Занесення на дорозі загального користування - рід небезпечна і, як правило, несподівана. Завдання ESP полягає в збереженні курсової стійкості, траєкторії руху і стабілізуванні положення автомобіля в процесі виконання маневрів, особливо на високій швидкості або на дорожньому покритті з низьким коефіцієнтом зчеплення [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження керованості та стійкості автомобіля з використанням «плоскої» моделі автомобіля представлені в роботах [1-5]. Яка дозволяє одержати якісний опис траєкторії руху автомобіля за умови дії керуючих моментів, моментів уводу та гальмування,

Мета дослідження, постановка задачі. Метою даної роботи є порівняльне дослідження траєкторії руху автомобіля В класу з і без системи ESP на прикладі автомобіля FIAT 500.

Для досягнення поставленої мети необхідно зробити порівняльну характеристику траєкторії руху автомобіля В-класу з системою ESP і без неї по керованості та стійкості при заносі автомобіля на дорозі.

Стійкість, керованість і траєкторія руху автомобіля при заносі без системи ESP. Під втратою автомобілем стійкості мається на увазі перекидання або ковзання автомобіля. Залежно від напрямку перекидання і ковзання розрізняють подовжню і поперечну стійкість. Більш ймовірна і більш небезпечна втрата поперечної стійкості.

Центробіжна сила, що діє на автомобіль при його рівномірному прямолінійному русі дорівнює [1]:

$$P_{ц} = M_a \cdot V^2, \quad (1)$$

де M_a – маса автомобіля, кг;
 V – швидкість автомобіля, м / с.

Поперечна складова центробіжної сили:

$$P_y = \frac{M_a \cdot V^2 \cdot \theta}{L}, \quad (2)$$

де θ – кут між поздовжньою віссю автомобіля і вектором швидкості середньої точки передньої осі (при прямолінійному русі $\theta = 0$);

L – база автомобіля, м (постійна - латиниця).

При русі по перехідних кривим на автомобіль діє так само сила, викликана зміною кривизни траєкторії.

Поперечна складова цієї сили:

$$P_y = \frac{M_a \cdot V \cdot b}{L} \cdot \omega_y, \quad (3)$$

де b – відстань від центру ваги автомобіля до задньої осі, м;

ω_y – кутова швидкість повороту керованих коліс, рад / с.

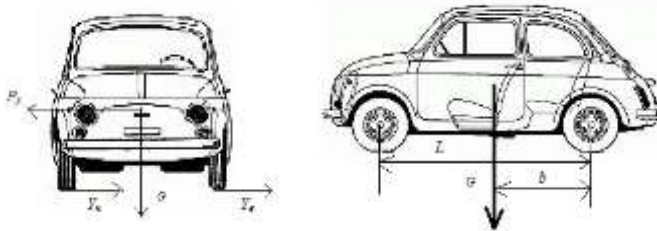


Рис. 1 – Схема для розрахунку критичної швидкості

Сумарна центробіжна сила, що діє на автомобіль під час повороту керованих коліс:

$$P_{\text{сум}} = P_y + P'_y. \quad (4)$$

В результаті дії сили P_y може початися ковзання шин по дорозі в поперечному напрямку (занесення). Сума поперечних реакцій Y_θ і Y_n дороги дорівнює сумі зчеплення з дорогою всіх шин автомобіля:

$$Y_B + Y_H = G \cdot \varphi_y. \quad (5)$$

$$Y_B + Y_H = P_y = \frac{M_a \cdot V^2 \cdot \theta}{L}. \quad (6)$$

Звідси критична швидкість за умовами занесення (в м/с):

$$V_s = \sqrt{L \cdot \varphi_y \cdot g / \theta}. \quad (7)$$

Визначимо проміжок часу, у плинї якого центробіжна сила збільшується до небезпечного бокового значення. У момент виникнення заносу сила $P_{\text{сум}} = P_{\text{ц}}$:

$$\frac{M_a \cdot \omega_y}{L} \cdot (V^2 \cdot t + V \cdot b) = G \cdot \varphi_y. \quad (8)$$

Звідки час (в с):

$$t = \frac{1}{V} \cdot \left(\frac{L \cdot g \cdot \varphi_y}{\omega_y} - b \right). \quad (9)$$

Якщо швидкість руху автомобіля велика, а коефіцієнт зчеплення малий, то різкий поворот керованих коліс викличе занос автомобіля в перебігу вельми короткого проміжку часу.

Керованість - властивість самохідної машини зберігати в даних дорожніх умовах заданий напрямок руху або змінювати його відповідно з впливом на кермо [2].

До переднього мосту прикладена штовхаюча сила:

$$P_{y1} = G_1 \cdot f \cdot \text{tg} \theta. \quad (10)$$

де f – коефіцієнт опору коченню.

Критична швидкість за умовами керованості:

$$V_{\text{нр}} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\varphi^2 - f^2}}{\text{tg } \theta} - f\right) \cdot g \cdot L \cdot \cos \theta}. \quad (11)$$

Траєкторія руху автомобіля при виникненні заносу представлена на рис.

4.

Траєкторія руху автомобіля при заносі з системою ESP на дорозі. Режим підтримки прямолінійного руху. Для підтримки прямолінійного та сталого руху автомобіля необхідно щоб виконувалася умова $\sum_i M_i = 0$. (12)

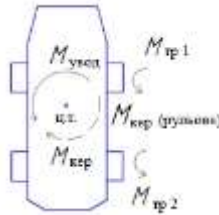


Рис. 2 – Схема дії моментів на автомобіль

Нехай момент уводу діє проти годинникової стрілки. Для того щоб виконувалася умова $\Sigma M = 0$, необхідно, щоб керуючий момент був спрямований у протилежний бік, тобто за годинниковою стрілкою. Реалізація $M_{\text{увод}}$ буде визначена за допомогою гальмівних моментів відповідного борту автомобіля ($M_{m1} + M_{m2}$).

Для реалізації ($M_{m1} + M_{m2}$) необхідно підключити систему курсової стійкості (ESP) [4], яка діє не на всі 4-е колеса, а тільки на відповідні колеса певного борту. При цьому значення M_{m1} і M_{m2} не повинно перевищувати момент по зчепленню коліс з дорогою.

$$M_{mi} = p \cdot S \cdot R_{cp}, \quad (13)$$

де p – тиск в гальмівному приладі, бар;

S – площа гальмівного циліндра, м²;

R_{cp} – середній радіус гальмівного диска, м.

Якщо вважати, що R_{cp} і S величини постійні, то для вибору змінного значення $M_m = f(t)$, необхідно щоб $p = f(t)$ було змінним. Вибір закону управління $p = f(t)$ здійснюється електронним блоком системи ESP.

Якщо дія ($M_{m1} + M_{m2}$) недостатня, то водій діючи на кермо додає ще один керуючий вплив (така дія може виконуватися за допомогою системи ESP).

Для того щоб виконувалася умова (12) необхідно виконати наступні дії:

$$M_{\text{увод}} = \sum_i^j M_{ti} + M_{\text{кер(рульове)}} \quad (14)$$

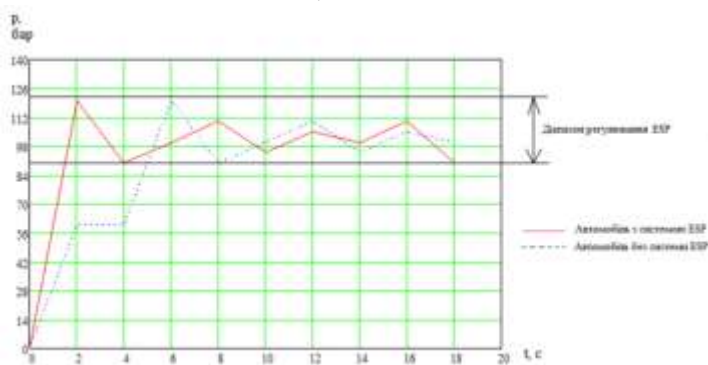


Рис. 3 – Графік залежності тиску в гальмівному приводі від часу

Оцінка траєкторії руху автомобіля з системою курсової стійкості ESP представлена на графіку (дивись рис. 4)

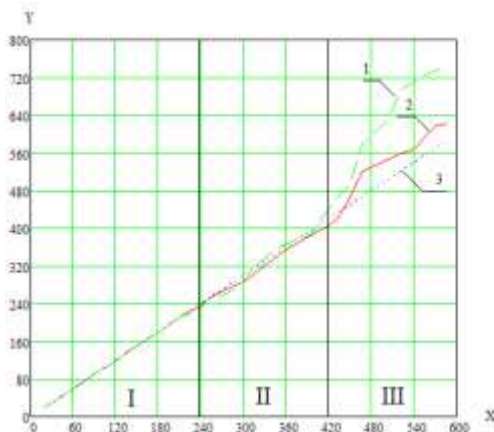


Рис. 4 – Графік траєкторії руху автомобіля: 1 – траєкторія руху автомобіля без системи ESP, 2 – траєкторія руху автомобіля з системою ESP, 3 – прямолінійна траєкторія руху автомобіля; I – прямолінійний рух автомобіля, II – початок виникнення заносу, III – занос.

Висновки. На графіку залежності тиску в гальмівній системі від часу можна побачити, що на автомобілі без системи ESP тиск в гальмівній системі досягає діапазону регулювання ESP пізніше, ніж на автомобілі з системою ESP, що приводить до збільшення гальмівного шляху.

З графіку траєкторії руху автомобіля видно, що в I першій фазі (прямолінійного руху автомобіля) траєкторії автомобіля з і без системи ESP не відрізняються один від одного; в II фазі (початок виникнення заносу) розбіжність траєкторій від прямолінійного руху складає: для автомобіля без ESP – 2%, для автомобіля з ESP – 1,7%; в фазі III (занос) видно, що траєкторія автомобіля з системою ESP ближча до прямолінійного руху, ніж траєкторія автомобіля без цієї системи; максимальне відхилення траєкторії руху автомобіля з ESP складає 12%, а автомобіля без ESP – приблизно 29 %.

Виходячи з цього можна зробити висновок, що систему курсової стійкості доцільно використовувати не тільки на позашляховиках, автомобілях С і D класів, але й на автомобілях малого В класу.

Список літератури: 1. *Иларионов В. А.* Теория и конструкция автомобиля: Учебник для автотранспортных техникумов / [В. А. Иларионов, Н. Н. Морин, Н. М. Сергеев и др.] – М.: «Машиностроение», 1979. – 303 с. 2. *Подригало М. А.* Устойчивость колесных машин при торможении / [М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Курчатый] – Харьков: изд-во ХГАДТУ, 1999. – 93 с. 3. *Литвинов А. С.* Управляемость и устойчивость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с. 4. *Калашников М.* Системы безопасности автомобиля. Часть 5 Системы динамической стабилизации автомобиля (ESP) – 2010. 5. <http://www.tdiservice.ru/tehnology/esp> Электронная система стабилизации траектории движения (ESP).

Надійшла до редколегії 30.04.2013

УДК 629.017

Керованість і стійкість руху автомобіля В-класу з системою ESP / В. Р. Мандрика, В. Г. Шликова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Транспортне машинобудування. – Х. : НТУ «ХП», 2013. – № 31 (1004). – С. 60–65. – Бібліогр.: 5 назв.

Предлагается сравнительная характеристика траектории движения автомобиля В-класса с системой ESP и без нее по управляемости и устойчивости при заносе автомобиля на дороге. В результате были сделаны выводы о целесообразности использования системы ESP на автомобилях В-класса.

Ключевые слова: устойчивость, управляемость, критическая скорость, траектория движения.

Suggested Comparative analysis of the trajectory of the car in-class system ESP without it for handling and stability at drift car on the road. As a result, it was concluded the feasibility of using ESP system on cars in the class.

Keywords: stability, controllability, critical speed, trajectory.