

КОНСТРУКЦІЯ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ ЯК ФУНКЦІОНАЛ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В публікації розглядаються питання врахування впливу конструкції гальмівної системи на підвищення точності визначення зупиночного та гальмівного шляху автомобіля як показників технічного стану гальмівних систем та визначників безпеки руху в умовах експлуатації.

Ключові слова: автомобіль, умови експлуатації, безпека руху, гальмівна система, показники ефективності гальмування.

Abstract

The publication deals with the issues of taking into account the influence of the brake system design on improving the accuracy of determining the stopping and braking distances of a vehicle as indicators of the technical condition of brake systems and determinants of traffic safety in operation.

Key words: vehicle, operating conditions, traffic safety, brake system, braking efficiency indicators.

Розширення обсягів та сфери застосування транспортних засобів (ТЗ) підвищує імовірність збільшення матеріальних втрат, травматизму та смертності на дорогах країни. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) у світі щороку на дорогах гине близько 1,2 млн. людей, а кількість травмованих складає близько 50 млн. [1]. Статистика свідчить, що за 2017–2024 роки в Україні зареєстровано близько 200 тис. ДТП з потерпілими, у яких загинуло біля 25,9 тис. та травмовано близько 220 тис. осіб [2, 3]. Рівень смертності та травматизму внаслідок дорожньо-транспортних пригод в Україні є одним з найвищих в Європі, при цьому, рівень організації БДР залишається вкрай низьким, на що у своїх звітах неодноразово звертали увагу експерти Світового банку, ВООЗ та інших міжнародних організацій.

В переважній більшості випадків для попередження ДТП використовують гальмівні системи. Безпека руху ТЗ забезпечується дотриманням граничних значень гальмівного шляху та утриманням його в межах заданої смуги руху (рис. 1). Максимально допустимий розворот автомобіля обчислюють з умови [4]:

$$\frac{B_{sr}}{2} \leq y + L_a \sin \gamma + \frac{B_a}{2} \cos \gamma, \quad (1)$$

де B_{sr} – ширина коридору безпеки (смуги руху); y – відхилення центра мас ТЗ у поперечному напрямку; L_a та B_a – довжина і ширина ТЗ; γ – курсовий кут, який характеризує повздовжньої осі ТЗ.

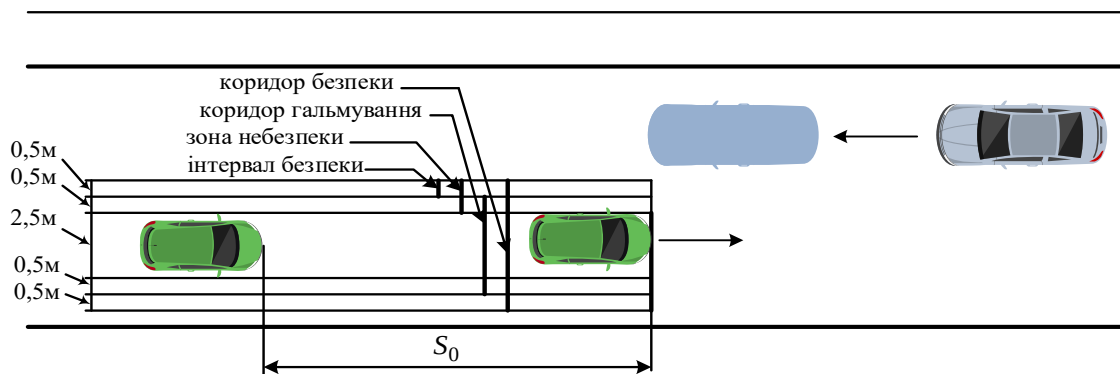


Рисунок 1 – Коридор безпеки

Удосконалення конструкції гальмівних систем та алгоритмів їх функціонування призвело до відчутної різниці показників ефективності гальмування сучасних ТЗ у порівнянні з ефективністю гальмування застарілих ТЗ [4, 5]. Історія впровадження систем зменшення гальмівного шляху автомобілів розпочалась з антиблокувальної системи гальм (ABS), основним призначенням якої є запобігання блокуванню коліс під час гальмування, збереження курсової стійкості автомобіля та керованості. З 2004 року ABS є частиною стандартної комплектації усіх нових автомобілів, що продаються у Євросоюзі [6]. В сучасних автомобілях ABS як правило є частиною більш складної електронної системи гальмування, в склад якої також можуть входити: система розподілу гальмівних зусиль (EBD), система електронного контролю стійкості (ESP), система екстреного гальмування. З 2011 року ESP є частиною стандартної комплектації усіх нових легкових автомобілів, що продаються у Євросоюзі, США та Канаді [6].

Система екстреного гальмування – це адаптивна система призначена для підвищення ефективності використання водієм робочої гальмівної системи в екстреній ситуації. Застосування систем екстреного гальмування може бути вирішальним фактором для попередження ДТП чи зменшення її наслідків за рахунок скорочення гальмівного шляху автомобіля на 15-45% [6, 7]. Існує два види систем екстреного гальмування: система допомоги при екстремому гальмуванні (BA), яка дозволяє реалізувати максимальне гальмівне зусилля у разі натиснення водієм на важіль гальма, та система автоматичного екстреного гальмування, яка створює часткове чи максимальне гальмівне зусилля без участі водія. В системах автоматичного екстреного гальмування крім основної реалізується ряд інших функцій шляхом поєднання роботи систем активної і пасивної безпеки автомобіля, що перетворює їх у так звані превентивні (попереджувачі) системи безпеки.

Процес гальмування ТЗ з електронною системою гальмування можна відобразити за допомогою гальмівної діаграми (рис. 2). Криві 1, 2 та 5 (рис. 2) відображають процес гальмування ТЗ у класичному вигляді, коли дія сил опору руху (опір коченню коліс, опір повітря та опір підйому) може бути врахована лише протягом часу t'_4 .

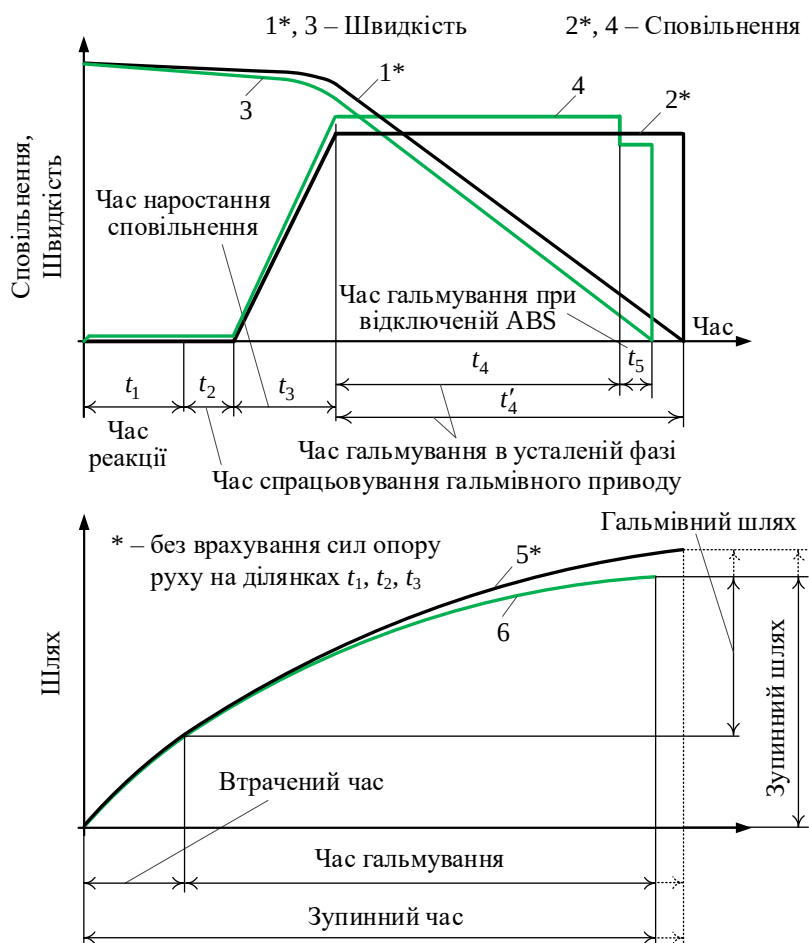


Рисунок 2 – Параметри процесу гальмування ТЗ

На практиці сили опору руху чинять вплив на процес гальмування протягом усього часу, необхідного для зупинки ТЗ. Такому поданню процесу гальмування відповідають криві 3, 4 та 6. При цьому для ТЗ з електронними гальмівними системами ділянки зупинного шляху відповідають інтервалам часу t_1 , t_2 , t_3 , t_4 та t_5 .

Для кожної складової зупинного шляху ТЗ функція сповільнення за часом має вигляд

$$j(t) = \begin{cases} j_{OR}, & \text{якщо } 0 < t \leq (t_1 + t_2), \\ k \cdot t + m, & \text{якщо } 0 < t \leq t_3, \\ j_{ABS(BA)}, & \text{якщо } 0 < t \leq t_4, \\ j_S, & \text{якщо } 0 < t \leq t_5. \end{cases} \quad (2)$$

У загальному виді математичну модель зупинного шляху ТЗ можна представити так

$$\begin{cases} S_0 = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5, \\ S_{1+2} = S_1 + S_2 = V_a \cdot (t_1 + t_2) - \frac{j_{OR} \cdot (t_1 + t_2)^2}{2}, \\ S_3 = V_2 \cdot t_3 - \frac{j_{ABS(BA)} \cdot t_3^2}{6}, \\ S_4 = \frac{1}{2j_{ABS(BA)}} \cdot \left(\left(V_2 - \frac{j_{ABS(BA)} \cdot t_3}{2} \right)^2 - V_S^2 \right), \\ S_5 = \frac{V_S^2}{2j_S}. \end{cases} \quad (3)$$

В результаті розв'язку системи рівнянь (3) отримаємо вираз

$$S_0 = V_a \cdot (t_1 + t_2) + \frac{V_2 \cdot t_3}{2} + \frac{V_2^2 - V_S^2}{2j_{ABS(BA)}} + \frac{V_S^2}{2j_S} - \frac{j_{ABS(BA)} \cdot t_3^2}{24} - \frac{j_{OR} \cdot (t_1 + t_2)^2}{2}. \quad (4)$$

Результати оцінювання гальмівного шляху ТЗ категорії М1 на літніх шинах за моделлю (4) та діючою методикою [8] подані на рисунку 3.

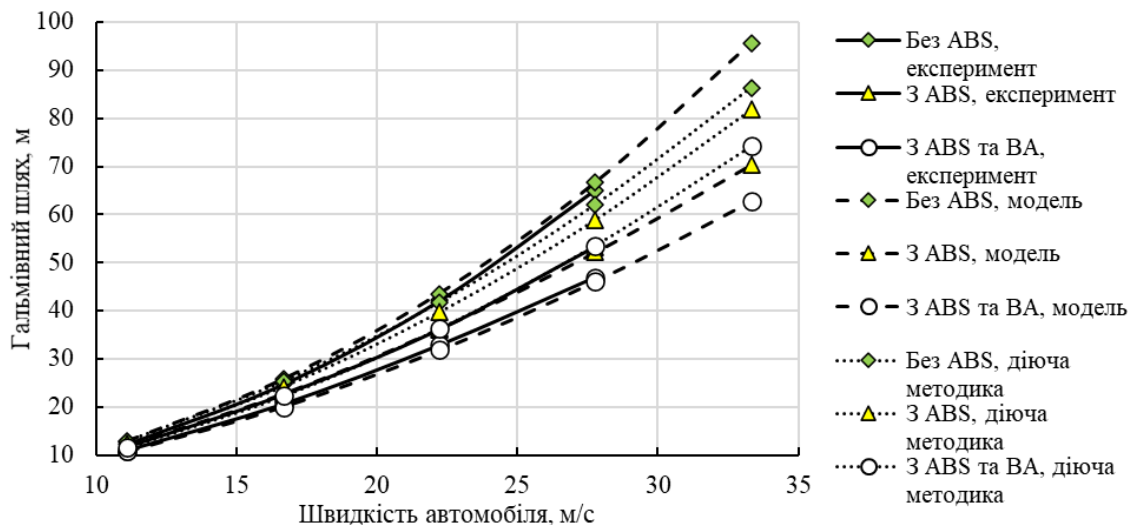


Рисунок 3 – Результати оцінювання гальмівного шляху ТЗ категорії М1 на сухому асфальтобетоні

З рисунка 3 видно, що діючі нормативи та методики визначення показників ефективності гальмування потребують врахування роботи сучасних електронних систем активної безпеки автомобіля, розвитку конструкції автомобільних шин, психологічних аспектів керування автомобілем в екстрених ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Road traffic injuries. World Health Organization. Website. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs358/en/> (accessed 10.12.2024).
2. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/> (дата звернення 10.12.2024).
3. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст України. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2024. №1(22). С. 170-181. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1358>.
4. Kashkanov, A., Semenov, A., Kashkanova, A., Kryvinska N., Palchevskyi O. & Baraban S. Estimating the effectiveness of electric vehicles braking when determining the circumstances of a traffic accident. Scientific Reports, 13, 2023, 19916, 1-18. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47123-7>.
5. Kashkanov A. A., Diorditsa V. M., Kucheruk V. Yu., Karabekova D. Zh., Khassenov A. K., Sharzadin A. M. Inertial evaluation of the tyre-road interaction during emergency braking. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. 2019. № 2(94). P. 82-91. DOI: 10.31489/2019Ph2/82-91.
6. Bosch Automotive Handbook. 11th Edition. / [Reif K., Dietsche K.-H. & others]. Karlsruhe : Robert Bosch GmbH, Wiley, 2022. 2048 p.
7. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Рухомий склад автомобільного транспорту: робочі процеси та елементи розрахунку. Навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 267 с.
8. European Network of Forensic Science Institutes. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/4._road_accident_reconstruction_0.pdf.

Кашканов Андрій Альбертович, д.т.н., професор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua

Кашканова Анастасія Андріївна – аспірантка кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kashkanov9a@gmail.com

Бабак Олег Олегович – магістрант, група 1АТ-23м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: Oleg.babak17@gmail.com

Kashkanov Andrii – Dr.Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: a.kashkanov@vntu.edu.ua

Kashkanova Anastasiia – postgraduate student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kashkanov9a@gmail.com

Babak Oleg – magistrate, Faculty Machine Building and Transport, Vinnytsia National Technical University, e-mail: Oleg.babak17@gmail.com