

**НАУКОВО-МЕТОДИЧНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДТП**

Сараєв Олексій Вікторович, д.т.н., професор кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: sarayev9@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-560X>

Данець Сергій Віталійович, к.т.н., доцент кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула, заступник директора Харківського НДЕКЦ МВС України
e-mail: danez@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4155-1856>

Матвєєв Андрій Володимирович, аспірант кафедри автомобілів ім. А.Б.Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожній університет
e-mail: matveev.tesla@gmail.com, ORCID: 0009-0003-2400-0160

При дослідженні дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), проведенні слідчого експерименту, постійно виникають труднощі, які пов'язані, у першу чергу, з об'єктивним визначенням швидкості руху транспортного засобу (ТЗ), по-друге, з точністю оцінки ефективності гальмування ТЗ, по-третє, з координатами розташування ТЗ та об'єктів дослідження на дорозі. Тому, існує об'єктивна необхідність у проведенні багатофакторного експерименту з визначення цих параметрів за допомогою сучасних цифрових приладів. Мета експерименту – отримати необхідний статистичний матеріал шляхом вимірювання параметрів ефективності гальмування та швидкості руху ТЗ, а також координат розташування ТЗ на дорозі для подальшого аналізу запропонованих теоретичних положень та перевірки адекватності запропонованих моделей.

Основні завдання експериментальних досліджень:

- перевірити висунуту наукову гіпотезу;
- перевірити адекватність запропонованих математичних моделей;
- отримати нові статистичні данні;
- провести гальмівні випробування ТЗ;
- провести випробування з визначення швидкості руху та координат розташування ТЗ;

Основні фактори, що впливають на оцінку ефективності гальмування ТЗ: категорія ТЗ, тип конструкції гальмівної системи, швидкість руху ТЗ, завантаженість ТЗ, тип та стан дорожнього покриття, модель та стан шин, температура навколишнього середовища, температура гальмівних механізмів.

Розгорнутий план багатофакторного експерименту з визначення ефективності гальмування:

- провести гальмівні випробування ТЗ категорії N_1 , обладнаних АБС;
- провести гальмівні випробування на швидкості близької до 40 км/год;
- провести гальмівні випробування на швидкості близької до 90 км/год;

- провести гальмівні випробування на сухому асфальтобетонному дорожньому покритті;
- провести гальмівні випробування на мокрому асфальтобетонному дорожньому покритті;
- провести гальмівні випробування у спорядженому стані ТЗ;
- провести гальмівні випробування ТЗ у завантаженому стані.

Що стосується взагалі методики проведення випробувань з визначення ефективності робочої гальмівної системи [1-5], то відповідно до міжнародних та державних стандартів, ці випробування розділяють на три типи: випробування тип «нуль» (температура гальм перед гальмуванням не повинна перевищувати 100 °С), випробування тип I (на втрату ефективності при багаторазовому безперервному гальмуванні), випробування тип II (гальмування на затяжних спусках) . У даній роботі передбачається проведення випробувань за типом «нуль». Саме такий тип випробувань найбільш відповідає процесу гальмування у звичайних умовах експлуатації, при яких найчастіше відбуваються ДТП.

Ділянка дороги, на якій проводяться випробування, має бути пряма й горизонтальна. Допускаються поздовжні ухили, що не перевищують 0,5 %. Покриття дороги має бути твердим і сухим, і достатнім для забезпечення високого коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою ($\varphi \geq 0,7$). Випробування мають проводитись при температурі від +5 до +30 °С і швидкості вітру не більше 5 м/с. Натиснення на педаль гальма має здійснюватися шляхом однократної дії із зусиллям, що не перевищує 500 Н. У процесі випробувань необхідно вчинити не менш двох контрольних гальмувань у кожному напрямі. Після чого розраховується середнє значення кожного параметра. При контрольних гальмуваннях не допускається доводити до блокування колеса автомобіля. Результати випробувань за визначенням ефективності гальмування вважаються незаліковими, якщо автомобіль у процесі гальмування повертається на кут понад 15°. При цьому не допускається коректування траєкторії руху автомобіля рульовим керуванням, якщо цього не вимагає безпека випробувань. Похибки вимірювань не повинні перевищувати при визначенні гальмівного шляху $\pm 1,5$ %, початкової швидкості гальмування $\pm 1,5$ %, сповільнення $\pm 4,0$ %. Наведені метрологічні характеристики та умови проведення гальмівних випробувань є оптимальними для отримання точного результату (табл. 1).

На практиці ДТП відбуваються при різних дорожніх умовах (сніг, дощ) на дорожньому покритті з певними нахилами та низьким коефіцієнтом зчеплення, а також на будь яких швидкостях руху ТЗ. Тому, у роботі також проводилися гальмівні випробування наближені до обставин ДТП. Реальні умови експлуатації ТЗ (нахил дороги, зміна коефіцієнту зчеплення коліс, зміна швидкості руху) враховані у експериментальних дослідженнях і розроблених розрахункових моделях.

Дорожні випробування гальмівних властивостей ТЗ є різновидом випробувань, які відрізняються підвищеною небезпекою. Тому під час випробувань водій повинен використовувати захисний шолом, бути пристебнутим ременями безпеки, а на автомобілі повинне бути включене

дальнє світло фар. Автомобіль, що бере участь у випробуваннях, повинен бути технічно справний.

За діючими зараз міжнародними та вітчизняними Правилами ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002 та ДСТУ UN/ECE R 13-Н 00:2004 ефективність гальмування справних ТЗ за величиною гальмівного шляху повинна задовольняти наступним вимогам:

– з від'єднаним двигуном при початковій швидкості гальмування 100 км/год для ТЗ категорії M_1

$$S_T \leq 0,1V_0 + 0,006V_0^2, \quad (1)$$

– для всіх інших категорій M та N

$$S_T \leq 0,15V_0 + \frac{1}{130}V_0^2; \quad (2)$$

– з приєднаним двигуном при початковій швидкості гальмування 80% $V_{\max} \leq 160$ км/год для категорії M_1

$$S_T \leq 0,1V_0 + 0,0067V_0^2, \quad (3)$$

– для всіх інших категорій M та N

$$S_T \leq 0,15V_0 + \frac{1}{103}V_0^2. \quad (4)$$

Таблиця 1 – Метрологічні характеристики та умови проведення гальмівних випробувань

Параметр вимірювання	Допустима похибка вимірювання параметру	Додаткові умови проведення випробувань
Гальмівний шлях ТЗ	±1,5%	
Сповільнення ТЗ від акселерометра	±4,0%	
Сповільнення ТЗ від пристрою «п'яте колесо»	±4,0%	
Швидкість руху ТЗ	±1,5%	
Зусилля на педалі гальм не повинне перевищувати	–	500 Н
Температура гальм перед гальмуванням не повинна перевищувати	–	100 °С
Допускаються поздовжні ухили, що не перевищують	–	0,5 %.
Коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою не менш	–	0,7

Температура навколишнього Середовища	–	5–30 °С
Швидкість вітру не більше	–	5 м/с
Кут розвороту ТЗ наприкінці гальмування не повинен перевищувати	–	15°
Початкова швидкість гальмування ТЗ згідно ПДД України при оцінці ефективності гальмування	–	40 км/год
Стан завантаження ТЗ	–	споряджений

Для визначення усталеного сповільнення міжнародний та вітчизняний стандарт рекомендують брати вибірку його середнього значення у певному діапазоні швидкостей руху ТЗ в процесі гальмування

$$d_m = \frac{V_b^2 - V_e^2}{25,92(S_e - S_b)}, \quad (5)$$

де V_b – швидкість при $0,8V_0$, км/год;

V_e – швидкість при $0,1V_0$, км/год;

S_b – відстань, що пройдена ТЗ між V_0 та V_b , м;

S_e – відстань, що пройдена ТЗ між V_0 та V_e , м.

Наведені нормативні формули гальмового шляху дозволяють під час випробувань виявляти ТЗ з технічною несправністю гальмівної системи, які не були установлені шляхом попереднього огляду чи діагностики.

Похибку між розрахунковими та експериментальними даними було визначено за стандартними формулами [102]:

- відносна похибка

$$\varepsilon = \frac{|x_p - x_d|}{x_d} 100\%, \quad (6)$$

- приведена похибка

$$\gamma = \frac{\Delta}{x_{\max}} 100\%, \quad (7)$$

де x_p – розрахункове значення величини;

x_d – дійсне значення величини, що визначене у ході експерименту;

Δ – абсолютна різниця величин, що досліджується;

x_{\max} – максимальна величина.

У процесі експериментальних досліджень використовувалися прилади, якими оснащений спеціалізований (черговий) автомобіль Ford Transit експертної служби автотехнічних досліджень НДЕКЦ МВС України м. Харкова (рис. 1):

– лазерний сканер FARO® LaserScannerFocus^{3D} виробництва США;

- електронний вимірювач відстані MD-21E (Польща);
- електронний прилад AMX-520 (Польща) з контролю ефективності гальмування транспортних засобів;
- спеціальні масштабні лінійки, номерки, рулетки, рідинний рівень, комплект інструмента для дослідження технічного стану ТЗ та його деталей;
- цифрові фотоапарат та відеокамера.

Існуюча методика випробувань із визначення ефективності робочої гальмівної системи по суті створює оптимальні умови для оцінки ефективності гальмування автомобіля. У випадку ДТП дорожні умови можуть бути далекими від тих, що передбачає існуюча методика випробувань. Тому в даній роботі проводилися гальмівні випробування відповідно до встановлених рекомендацій, так і в умовах максимально наближених до будь-яких обставин ДТП, а саме у різні часи року, на асфальтобетонному покритті у різному стані – сухому, мокрому, вкритому снігом та ожеледдю. Частина випробувань проходила на автодромі, інша – на дорогах загального користування, з дотриманням умов необхідної безпеки.



а – автомобіль експертної служби MBC України зі штатним обладнанням: лазерний сканер FARO, вимірювач відстані MD-21E, прилад AMX-520, масштабні лінійки, номерки, рулетки, рідинний рівень, комплект інструменту, цифрові фотоапарат та відеокамера; б – прилад для виміру коефіцієнту зчеплення; в - Прилад «Ефект»; г – пірометр; д - відеореєстратор Globex; е – JPRS-навігатор Pioneer; ж – OBD-сканер

Рисунок 1 – Обладнання для проведення експериментальних досліджень

Для підвищення точності експерименту вимірювання проводилися трьома приладами, а саме, німецьким приладом фірми MANA VZM-300, польським приладом AMX-520 та приладом «Ефект» (рис. 2).



а – вертикального типу (кріпиться на скло) прилад «Ефект»;
 б – горизонтального типу (фіксується на підлозі)
 прилади VZM-300 або AMX-520

Рисунок 2 – Прилади для виміру ефективності гальмування ТЗ

Всі ці прилади знаходяться на балансі експертних служб України, проходять кожний рік метрологічну перевірку і мають відповідну технічну характеристику.

Висновки

Підготовлено та апробовано методичне, метрологічне та науково-технічне забезпечення для експериментальних досліджень з оцінки ефективності гальмування транспортних засобів з метою покращення точності та об'єктивності вимірювання параметрів гальмування та швидкості руху транспортних засобів при проведенні автотехнічних досліджень і з'ясуванні обставин ДТП.

Література

1. ДСТУ 2886-94. Автотранспортні засоби. Гальмівні властивості. Терміни та визначення. К.: ДержавтотрансНДІпроект України, 1994. 28 с.
2. ДСТУ 3649-10. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. К.: Держстандарт України, 2010. 19 с.
3. ДСТУ UN/ECE R 13-09:2002. Єдинообразні предписання, що торкаються офіційного затвердження транспортних засобів категорій М, N и O у відношенні гальмування. Введено вперше. 24.07.2002. К.: ДержавтотрансНДІпроект України, 2002. 324 с.
4. ДСТУ UN/ECE R 13-N 00:2004. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження легкових автомобілів стосовно гальмування. К. : Держспоживстандарт України, 2007. 50 с.
5. Туренко А. М., Сараєв О. В. Оцінка ефективності гальмування транспортних засобів при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди: монографія. Х.: ХНАДУ, 2015. 350 с.