

УДК 629.3.017.5

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРАХУНОК ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ БЕЗ БЛОКУВАННЯ КОЛІС

Єленіч М. П

Єленіч А. П

Яропуд В. М.

Літвінкевич О. В

Вінницький національний аграрний університет

Yelenich M.

Yelenich A.

Yaropud V.

Litvinkevych O.

Vinnitsia National Agrarian University

Анотація: розглянуто питання розрахунку гальмівного шляху автомобіля. Теоретично досліджено гальмівний шлях легкового транспортного засобу в залежності від дорожніх та погодних умов, швидкості руху, маси транспортного засобу, від експлуатаційно-конструктивних властивостей ходової частини, від малюнка протектора шини. Наведена методика розрахунку гальмівного шляху легкового автомобіля без блокування коліс. При розрахунках гальмівного шляху легкового транспортного засобу стало зрозуміло залежність початкової швидкості гальмування і дорожніх умов так і від тривалості часу що пройшов з моменту дотикання до педалі гальм, до моменту досягнення сповільненням чи гальмівною силою максимальних значень.

Ключові слова: гальмівний шлях, гальмування, тертя, енергія, гальмування без блокування, гальмівна діаграма.

Вступ

Екстрені гальмування складають всього декілька відсотків всіх гальмувань, проте саме вони визначають безпеку руху та вимоги до гальмівної ефективності [1-3]. При цьому один з показників, які оцінюють гальмівні властивості є гальмівний шлях автомобіля.

Загальний підхід до розрахунку гальмівного шляху

Гальмівний шлях транспортного засобу залежить як від початкової швидкості гальмування і дорожніх умов, так і від тривалості динамічної стадії процесу (часу, що пройшов з моменту дотикання до педалі гальм, до моменту досягнення сповільненням чи гальмівною силою максимальних значень) [3], а також експлуатаційно-конструктивних властивостей ходової частини легкового автомобіля і погодних умов.

Для визначення величини гальмівного шляху на прямолінійній ділянці дороги використовуються залежності, М.Д. Артамоновим, Норманом, О. Боде, В.Г. Розановим, І.Л. Крузе [3].

Формула, яка рекомендується в стандартах України та Росії для розрахунку гальмівного шляху [1, 2]:

$$S_r = \frac{V_0}{3.6} (t_c + 0.5t_H) + \frac{V_0^2}{2.6j_{уст}} \dots\dots\dots(1)$$

де V_0 - початкова швидкість гальмування;
 t_c – час спрацьовування приводу гальм;
 t_H – час наростання сповільнення;
 $j_{уст}$ – усталене (максимальне) в процесі гальмування сповільнення.

Існуючі методи розрахунку гальмівного шляху легкового автомобіля базуються на припущенні, що при екстремому гальмуванні реалізується усталене сповільнення ($j_{уст}$), яке дорівнює добутку прискорення сили тяжіння (g) на коефіцієнт щеплення (φ_x), що відповідає 100% - ковзанню шини по дорожній поверхні. Таке представлення виключає можливість розрахунку гальмівного шляху при гальмуванні без блокування коліс (наявності АБС).

Розрахунок шляху при гальмуванні без блокування

В автомобільній науково – технічній літературі енергетичний аспект процесу гальмування легкового автомобіля вперше був розглянутий Н.А. Бухарінім. Запропоноване ним рівняння енергетичного балансу автомобіля при гальмуванні можна записати у вигляді [6]:

$$\Delta E \pm \Delta P = A_\tau + A_t + A_f + A_\varphi + A_\omega, \quad (2)$$

де ΔE – зменшення кінетичної енергії автомобіля;
 ΔP – зміна потенційної енергії автомобіля;
 A_ω – робота сили опору повітря.
 Робота сил тертя в гальмівних механізмах:

$$A_\tau = \frac{M_{r\Sigma}}{r_0} \cdot S_r (1-s), \quad (3)$$

де $M_{r\Sigma}$ - сумарний гальмівний момент на колесах автомобіля;
 r_0 – динамічний радіус колеса;
 s – коефіцієнт повздовжнього колеса.
 Робота сил тертя в агрегатах трансмісії :

$$A_\tau = \frac{M_r}{r_0} \cdot (1-s) \cdot S, \quad (4)$$

де M_r – середній момент сил тертя в трансмісії.
 Робота сил опору кочення:

$$A_f = G_a \cdot f \cdot (1-s) \cdot S_r, \quad (5)$$

де G_a – вага автомобіля;
 f – коефіцієнт опору кочення.

Робота сил тертя ковзання в контактї шин з дорогою:

$$A_\varphi = G_a \cdot s \cdot \varphi_x \cdot S_r, \quad (6)$$

Отже, розрахуємо енергетичний баланс автомобіля при екстремому гальмуванні у випадку кочення коліс без блокування:

$$\frac{G_a V_0^2}{2g} = \frac{M_{r\Sigma}}{r_0} \cdot S_r \cdot (1-s) + G_a \cdot s \cdot \varphi_x \cdot S_r + P_\omega \cdot S_r + G_a \cdot f \cdot (1-s) \cdot S_r + \frac{M_{r\Sigma}}{r_0} \cdot (1-s) \cdot S_r. \quad (7)$$

З залежності (7) можна вивести формулу для визначення гальмівного шляху автомобіля при гальмуванні без блокування коліс. Нехтуючи діями сили опору повітря та тертя в трансмісії автомобіля через їх незначний вплив на процес гальмування отримаємо:

$$\frac{G_a V_0^2}{2g} = \frac{M_{r\Sigma}}{r_0} \cdot S_r \cdot (1-s) + G_a f \cdot (1-s) \cdot S_r + G_a \cdot s \cdot \varphi_x \cdot S_r. \quad (8)$$

Тоді гальмівний шлях автомобіля при коченні коліс без блокування:

$$S_r = \frac{G_a V_0^2}{2 \left(\frac{M_{r\Sigma}(1-s)}{r_0} + G_a f(1-s) + G_a \varphi_x s \right)}, \quad (9)$$

Один з способів визначення гальмівного моменту колеса, що забезпечує його сталу величину відносного поздовжнього проковзування при коченні без блокування, пропонується у роботі [4]:

$$M_r = R_z \varphi_x r_0 - \frac{I_k(1-s)}{r_0} \cdot j, \quad (10)$$

де R_z – нормальна реакція дорожньої поверхні на колесо автомобіля;

I_k – момент інерції, пов'язаний з колесом обертових мас.

Тоді сумарний гальмівний момент можна визначити таким чином:

$$M_{r\Sigma} = \sum_{i=1}^n \left(R_{zi} \varphi_{xi} r_{0i} - \frac{I_{ki}(1-s)}{r_{0i}} \right), \quad (11)$$

де n – кількість коліс автомобіля, які мають гальмівні механізми.

Для перевірки отриманої залежності було проведено ряд експериментів з автомобілями БМВ 520і та Mercedes - Benz 212D по визначенню гальмівної ефективності в дорожніх умовах. Використовуючи (пістолет - відмітчик) та рулетку, фіксувався гальмівний шлях автомобіля. За допомогою деселерометра VZM-100 було отримано гальмівні діаграми, з яких знімалися показники часу наростання сповільнення та значення усталеного сповільнення було зареєстровано в межах 7,0 – 8,0 м/с², а на сухому 7,5 – 8,5 м/с².

Експерименти проводились на сухому та мокрому асфальтному покритті горизонтального профілю, з різними початковими швидкостями гальмування у декілька заїздів. Порівняння результатів експерименту та розрахунків за отриманою залежністю (11) та залежністю (1) наведено в таблиці 1.

Похибку між розрахованими та результатами, отриманими експериментально визначали за формулою:

$$\varepsilon = \left| \frac{S_{\text{зал}} - S_{\text{екс}}}{S_{\text{зал}}} \right| * 100\%, \dots \dots \dots (12)$$

де $S_{\text{зал}}$ – гальмівний шлях, розрахований за формулою;

$S_{\text{екс}}$ – гальмівний шлях, отриманий експериментально.

При розрахунках похибка між експериментальними даними та величинами гальмівного шляху, розрахованого за залежністю (1), становить 25-55%, у той час, як похибка між експериментальними результатами та величинами гальмівного шляху, розрахованого за залежністю (11) – до 25% що майже вдвічі менше.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця

За результатами експерименту			Розрахункові значення гальмівного шляху, м	
Стан покриття	V_0 , км/год	S_r , м	За залежністю (1)	За залежністю (9)
вологе	40	6,8-7,8	13,3-14,4	9,4
сухе	40	6,0-6,8	12,8-13,8	7,3
вологе	60	16,0-18,2	25,6-28,1	21,1
сухе	60	13,5-15,5	24,6-26,8	16,4
вологе	80	31,1-33,8	41,9-46,3	37,5
сухе	80	24,0-26,5	40,1-43,9	29,2

Висновки

Існуючі методики аналітичного визначення гальмівного шляху, а також формула (1), що рекомендується державними стандартами України та Росії для розрахунку гальмівного шляху усіх автомобілів (з АБС і без) базуються, в основному, на припущенні, що усталене сповільнення автомобіля дорівнює добутку прискорення сили тяжіння на коефіцієнт зчеплення, що справедливо при блокуванні коліс.

Для розрахунку гальмівного шляху автомобілів при гальмуванні без блокування коліс, отже і автомобілів, обладнаних антиблокувальною системою, рекомендується залежність (11), яка при порівнянні з результатами експериментів показала, що може бути використана для практичних розрахунків при експертизі дорожньо-транспортних пригод.

Список літератури

1. ДСТУ 3649-97. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. Введ. 01.01.99.-К.: Вид-во стандартів, 1997. – 18 с.
2. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. Введ. 01.02.2001. – М.: Издательство стандартов, 2001. – 39 с.
3. Подригало М. А. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / Под. ред. М.А. Потригайло. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 403 с.
4. Гецович Е.М. Адаптивные тормозные системы армейских колесных/ Е.М. Гецович, Том 1. – Харьков: ХГПУ, 1999. – 188 с.
5. Волков В. П. Теория эксплуатационных vlastивостей автомобиля/ В. П. Волков. – Харьков: ХНАДУ, 2003. – 292 с.
6. Тормозные системы автомобилей / Н. А. Бухарин. – М.: Машигиз, 1950.
7. Ребедаило В.М. Дослідження впливу маси автомобіля на довжину гальмівного шляху. / В. М. Ребедаило, В. А. Кашканов. // Матеріали V-ї міжнародної науково – технічної конференції «Автомобільний транспорт: проблеми і перспективи». – Севастополь, СевНТУ. -2002. – С.89-93.
8. Ломака С. И. Исследование режимов работы колесных тормозов карьерного автомобиля-самосвала БелАЗ-540 / С. И. Ломака, А. Д. Шерман, В. Н. Алексеенко [та ін.] // Автомобильный транспорт. – Вып. 8. 1971.-С. 55-60.

Spisok literatury

- 1 . DSTU 3649-97 . Zasoby transportni dorozhni . Eksplyuatatsiyni vymohy bezpeky do tekhnichnoho stanu ta metody kontrolyu . Vved . 01.01.99.-K. : Vyd -vo standartiv , 1997 . - 18 s .
- 2 . GOST R 51709-2001 . Aavtotransportnyye sredstva . Trebovan'ya bezopasnosti k tekhnicheskomu sostoyaniyu i metody proverki . Vved.01.02.2001 . - M.: Izdatel'stvo standartov , 2001 . - 39 s .

- 3 . Podrigalo M.A. manevrennost' i tormoznyye svoystva kolesnykh mashin / Pod . red . M.A. Potrigaylo . - M.: KHNADU , 2003 . - 403 s .
- 4 . Getsovich Ye.M. Adaptivnyye tormoznyye sistemy armeyskikh kolesnykh / Ye.M. Getsovich Tom 1 . - M.: KHGPU , 1999 . - 188 s .
5. Volkov V. P. Teoriya ekspluatatsiynnykh vlastivostey avtomobilya / V. P. Volkov. - Kharkiv : KHNADU , 2003 . - 292 s.
- 6 . Tormoznyye sistemy avtomobiley / N. A. Bukharin . - M. : Mashgiz , 1950
- 7 . Rebedaŷlo V.M. Doslidzhennya vplivu masi avtomobilya na Dovzhynu hal'mivnoho shlyakhu . / V. M. Rebedaŷlo , V. A Kashkanov . // Materialy V-y mizhnarodniy naukovu - tekhnichniy konferentsii « Avtomobil'nyy transport : problemy ta perspektivy» . - Sevastopol' , SevNTU . -2002 . - S.89 -93.
- 8 . Lomako S.I. Issledovan'ye rezhimov raboty kolesnykh tormozov kar'yernogo avtomobilya - samosvala BelAZ -540 / S. I. Lomako , A. D. Sherman , V. N. Alekseyenko [i dr.] . // Avtomobil'nyy transport . - Vyp . 8 . 1971.-S. 55-60

ИССЛЕДОВАНИЯ И РАСЧЕТ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ПОВЫШЕННОЙ ПРОХОДИМОСТИ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ БЕЗ БЛОКИРОВКИ КОЛЕС

Аннотация: рассмотрены вопросы расчета тормозного пути автомобиля. Теоретически исследовано тормозной путь легкового транспортного средства в зависимости от дорожных и погодных условий, скорости движения, массы транспортного средства, эксплуатационно-конструктивных свойств ходовой части, рисунка протектора шины. Приведена методика расчета тормозного пути легкового автомобиля без блокировки колес. При расчетах тормозного пути легкового транспортного средства стало ясным зависимость начальной скорости торможения и дорожных условий так и от времени который миновал с момента касания к педали тормоза, к моменту достижения тормозной силы максимальных значений.

Ключевые слова: тормозной путь, торможение, трения, энергия, торможение без блокировки, тормозная диаграмма.

STUDY AND CALCULATION STOPPING DISTANCE PASSENGER ROAD VEHICLE WHILE BRAKING WITHOUT WHEEL LOCK

Summari: the issues stopping distance calculation vehicle. Theoretically investigated the braking distance passenger vehicle depending on road and weather conditions, speed, vehicle mass, operational and structural properties of the chassis, tire treads. The methodology of calculating the stopping distance of the car without locking the wheels. When calculating the stopping distance passenger vehicle became clear dependence of the initial braking speed and road conditions and the time that has passed since touching the brake pedal, by the time the braking force of the maximum values.

.Keywords: stopping distance, braking, friction, energy braking without locking brake diagram.