

УДК 629.3.017.5; 656.081

ВПЛИВ НАПОВНЕННЯ САЛОНУ АВТОБУСА ПАСАЖИРАМИ НА ДОВЖИНУ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ

І.А. Могила, аспірант, Р.М. Цір, студент,
Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. Проведено дослідження гальмівного шляху з різними ступенями заповнення автобуса в типових для міста умовах експлуатації з використанням сучасного обладнання. Встановлено, що збільшення ступеня заповнення автобуса та початкової швидкості впливає на усталене сповільнення під час гальмування та довжину гальмівного шляху. Результати дослідження можуть бути корисними під час проведення експертиз ДТП.

Ключові слова: процес гальмування, гальмівний шлях, усталене сповільнення, коефіцієнт зчеплення, експертиза ДТП.

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНЕНИЯ САЛОНА АВТОБУСА ПАССАЖИРАМИ НА ДЛИНУ ТОРМОЗНОГО ПУТИ

И.А. Могила, аспирант, Р.Н. Цир, студент,
Национальный университет «Львовская политехника»

Аннотация. Проведены исследования тормозного пути с разными степенями заполнения автобуса в типичных для города условиях эксплуатации с использованием современного оборудования. Установлено, что увеличение степени заполнения автобуса и начальной скорости влияет на установившееся замедление при торможении и длину тормозного пути. Результаты исследования могут быть полезными при проведении экспертиз ДТП.

Ключевые слова: процесс торможения, тормозной путь, установившееся замедление, коэффициент сцепления, экспертиза ДТП.

INFLUENCE OF FILLING OF BUS CABIN BY PASSENGERS ON BRAKING DISTANCE LENGTH

I. Mohyla, postgraduate, R. Tsir, student,
Lviv Polytechnic National University

Abstract. Investigation of braking distance with different bus fill degree in typical city operation conditions was carried out using modern equipment. It is determined that the increase of the bus fill degree and the initial speed affect the steady-state deceleration and the length of the braking distance. The result of the research can be useful for examination of road accidents.

Key words: braking process, braking distance, steady-state deceleration, friction coefficient, examination of road accidents.

Вступ

Відомо, що найпоширенішими видами ДТП є наїзди на пішоходів, зіткнення та перекидання транспортних засобів – на них припадає 78 % від усіх подій [1]. Крім цього, вивчення

вже скоєних ДТП показує, що для їх уникнення в 75,9 % випадків використовувались гальмівні системи [2]. Тобто в більшості випадків під час розслідування обставин ДТП потрібно досліджувати ефективність гальмування транспортних засобів.

Значну увагу при цьому потрібно приділяти автобусам, оскільки, крім того, що вони перевозять значну кількість пасажирів, їх заповнення (і, відповідно, маса) може змінюватись у широких межах, що відображається у зміні сповільнення під час гальмування і, відповідно, довжині гальмівного шляху.

Аналіз публікацій

Довжина гальмівного шляху визначається за формулою [3]

$$S_r = (t_2 + 0,5t_3) \frac{v_a}{3,6} + \frac{v_a^2}{26j_{уст}}, \quad (1)$$

де t_2 – тривалість запізнення спрацювання гальмівного приводу, с; t_3 – тривалість наростання сповільнення, с; v_a – швидкість руху транспортного засобу перед гальмуванням, км/год; $j_{уст}$ – усталене сповільнення під час гальмування, m/c^2 .

Максимальне усталене сповільнення при гальмуванні транспортного засобу всіма колесами можна визначити з виразу [3]

$$j_{уст} = \left(\frac{\varphi \cdot \cos \alpha}{k_e} + f \cos \alpha (1 + r_k) \right) \frac{g}{\delta} \pm \left(\sin \alpha + \frac{kF(V_a \pm V_b)}{13G} \right) \frac{g}{\delta}, \quad (2)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення шин із покриттям; α – позовжній ухил проїзної частини, град; k_e – коефіцієнт ефективності гальмування; f – коефіцієнт опору коченню; r_k – радіус кочення колеса, м; k – коефіцієнт лобового опору, Н/м; F – площа лобового опору транспортного засобу, m^2 ; V_b – швидкість вітру, км/год; G – вага автомобіля, Н; g – прискорення вільного падіння, m/c^2 ; δ – коефіцієнт, що враховує інерцію обертючих мас автомобіля.

Значний вплив на довжину гальмівного шляху має коефіцієнт зчеплення шин із покриттям, який є відношенням максимально можливого на певній ділянці дороги значення сили зчеплення між шинами та поверхнею дороги P_m до ваги транспортного засобу

$$\varphi = \frac{P_m}{G}. \quad (3)$$

Відомо, що значення коефіцієнта зчеплення, а відповідно, і довжина гальмівного шляху, залежить від ряду чинників, зокрема нерівностей та шорсткості покриття, його типу та стану, тиску повітря в шинах, температури шини, її матеріалу, типу рисунка протектора, швидкості руху, а також від вертикального навантаження на колесо [4–7]. Зі збільшенням вертикального навантаження на колесо температура в зоні контакту швидше досягає значення, за якого відбувається зміна механічних властивостей матеріалу шини, і коефіцієнт зчеплення починає знижуватись [7]. Його значення залежить також і від швидкості руху, причому за значного навантаження його зниження починається за меншої швидкості і відбувається швидше (рис. 1) [4].

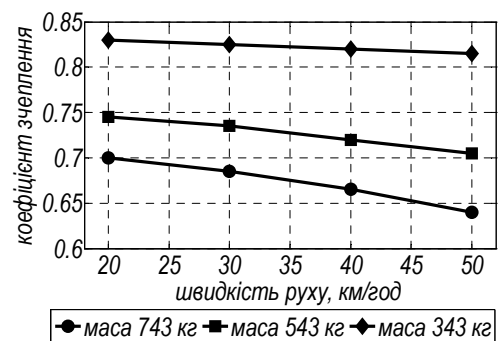


Рис. 1. Залежність коефіцієнта зчеплення від навантаження та швидкості руху

Зрозуміло, що зменшення коефіцієнта зчеплення за збільшення навантаження на колесо призводить до збільшення довжини гальмівного шляху. Проте з рис. 1 видно, що на коефіцієнт зчеплення впливає і початкова швидкість. Закономірності одночасного впливу швидкості та навантаження на колесо показано і в роботі [8]. Проте не виявлено результатів досліджень, які вказували б на прямий вплив ступеня заповнення автобуса (завантаження вантажівки) на довжину гальмівного шляху. Тому під час аналізу ДТП експерти користуються залежностями (1)–(3).

Більшість сучасних автомобілів оснащена антиблокувальними системами, і вони практично не залишають слідів гальмування. Тому швидкість автомобіля можна встановити досить приблизно за свідченнями очевидців або за розмірами пошкоджень. Це може призвести до неточності початкових даних і, відповідно, результатів експертизи. У роботі [9] запропоновано визначити довжину галь-

мівного шляху, коли сліди гальмування відсутні на покритті, проте ця залежність містить понад 15 аргументів, в т.ч. такі як гальмівні моменти на кожному колесі, поздовжнє проковзування кожного колеса, які складно визначити на конкретному автомобілі під час розслідування ДТП.

Тому в експертній практиці, окрім теоретичних викладок, потрібно володіти і значеннями довжини гальмівного шляху за різних обставин ДТП, зокрема за зміни ступеня заповнення салону автобуса, тобто за зміни навантаження на колесо.

Мета і постановка задачі

Метою статті є встановлення закономірності впливу наповнення салону автобуса пасажирами на довжину гальмівного шляху та усталене сповільнення.

Методика проведення досліджень

Дослідження гальмівного шляху проведено для автобуса міського компонування категорії МЗ «Богдан» А-092Н4, який є модифікацією поширеного у системі міських пасажирських перевезень автобуса «Богдан» А-092 та має низькопідлоговий накопичувальний майданчик. Споряджена маса автобуса становить 5000 кг, повна маса – 8350 кг.

Дослідження проводились на аеродромі. Поверхня злітно-посадкової смуги та маневрувальних доріжок – цементобетонні плити. Температура повітря під час досліджень становила 8–12 °С, без опадів.

Для вимірювання довжини гальмівного шляху використано вимірювач динамічних характеристик автомобіля Sprint SG-2 (рис. 2), який не потребує підключення до електричної мережі автомобіля. Прилад містить вбудований акселерометр. На основі значень пришвидшення та сповільнення визначаються швидкість автомобіля та пройдений шлях. Під час дослідження гальмівного шляху вимірювання починаються автоматично в момент появи різкого сповільнення. Для компенсації похибки вимірювань, зумовленої деформацією підвіски, вводяться коефіцієнти жорсткості підвіски [10].

Під час екстреного гальмування двигун був відключений від трансмісії, водій не впливав

на жоден орган керування, окрім педалі гальм. Автобус обладнано антиблокувальною системою, яка під час досліджень була у робочому стані (відповідає ситуації екстреного гальмування справного автобуса). Випробування проводились для холодних гальм (значні часові інтервали між гальмуваннями).



а



б

Рис. 2. Прилад Sprint SG-2: а – загальний вигляд; б – розташування приладу в салоні автобуса під час заїздів

Заповнення автобуса імітувалось бочками з водою масою по 60 кг та мішками з піском по 10 кг (рис. 3). Це дало змогу дослідити різні рівні заповнення салону автобуса: 0, 25, 50, 75, 100 % (відповідно 0, 840, 1675, 2510 та 3350 кг баласту). Для дослідження було обрано типові швидкості руху автобусів у міських умовах: 40, 50 та 60 км/год.

Кожен дослід було повторено тричі. Для кожного з вимірювань фіксувалось значення гальмівного шляху, а також, відповідно до Правил ЄЕК ООН № 13, розраховувалось усталене сповільнення за формулою

$$j_{уст} = \frac{v_b^2 - v_e^2}{25,92(s_e - s_b)}, \quad (4)$$

де v_b – швидкість транспортного засобу за $0,8v_0$, км/год; v_e – швидкість транспортного засобу за $0,1v_0$, км/год; s_b – відстань, пройдена між v_0 та v_b , м; s_e – відстань, пройдена між v_0 та v_e , м; v_0 – початкова швидкість транспортного засобу, км/год.



Рис. 3. Імітація заповнення автобуса пасажирами

Опрацювання та аналіз результатів дослідження

Усереднені значення усталеного сповільнення автобуса за різного ступеня заповнення автобуса та різної початкової швидкості під час екстреного гальмування наведено у табл. 1. Видно, що усталене сповільнення знижується від $8,6\text{--}9,07 \text{ м/с}^2$ для незаповненого автобуса до $6,77\text{--}7,67 \text{ м/с}^2$ – для заповненого, що вказує на зміну параметрів контакту шини з покриттям, оскільки параметри гальмівної системи автобуса не змінювались. При цьому явного впливу швидкості руху на значення сповільнення не спостерігається.

Таблиця 1 Усереднені результати дослідження сповільнення

Швидкість перед гальмуванням, км/год	Усталене сповільнення (м/с^2) за ступеня заповнення салону автобуса, %				
	0	25	50	75	100
40	8,60	8,00	8,63	8,30	7,63
50	9,07	8,60	7,57	7,60	7,67
60	8,77	8,70	7,70	7,87	6,77

Довжина гальмівного шляху залежить і від ступеня заповнення автобуса, і від швидкості руху (табл. 2).

Таблиця 2 Усереднені результати дослідження гальмівного шляху

Швидкість перед гальмуванням, км/год	Гальмівний шлях (м) за ступеня заповнення салону автобуса, %				
	0	25	50	75	100
40	9,7	10,17	10,37	11,27	11,47
50	14,7	15,8	16,73	16,97	17,87
60	20,8	21,5	23,17	24,93	25,53

Видно, що вплив ступеня заповнення автобуса є лінійним (рис. 4); при цьому за збільшення початкової швидкості різниця гальмівних шляхів незаповненого та заповненого автобусів зростає.

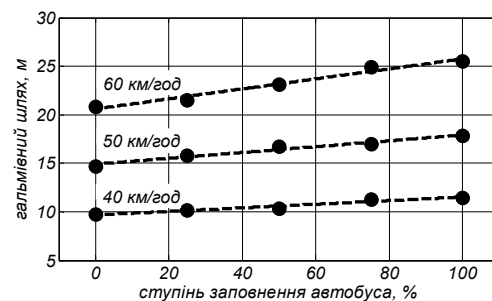


Рис. 4. Залежність гальмівного шляху автобуса від ступеня заповнення салону

Так, за швидкості 40 км/год вона досягає двох метрів, а за швидкості 60 км/год – п'яти, причому відносна різниця гальмівних шляхів для незаповненого ($S_f = 20,8 \text{ м}$) та заповненого ($S_f = 25,5 \text{ м}$) автобуса за швидкості 60 км/год досягає 23 % (рис. 5). Ця різниця є значною з огляду на те, що у разі виникнення перешкоди для руху або за неправильного вибору дистанції безпеки у щільних потоках водій заповненого автобуса не матиме змоги уникнути ДТП. Тому під час розслідування обставин ДТП потрібно врахувати ступінь заповнення автобуса.

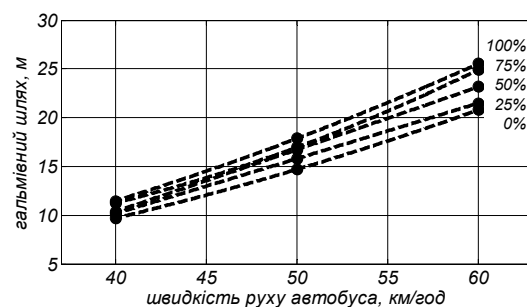


Рис. 5. Залежність гальмівного шляху автобуса від швидкості руху

Висновок

Встановлено, що зміна ступеня заповнення автобуса пасажирами впливає на довжину гальмівного шляху, причому за швидкості 60 км/год гальмівний шлях заповненого автобуса є більшим на 23 %, порівняно з незаповненим.

Отримані результати можуть використовуватись експертами під час розслідування обставин ДТП. Їх також можуть враховувати водії при виборі безпечної дистанції у щільних транспортних потоках.

Література

1. Дорожно-транспортні пригоди в Україні (оперативна інформація за 12 місяців 1996 року) / Управління ДАІ МВС України – К., 1997. – 79 с.
2. Ройтман Б.А. Безопасность автомобиля в эксплуатации / Б.А. Ройтман, Ю.Б. Суворов, В.И. Суковичин. – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
3. Експертний аналіз ДТП: навч. посібник / П.В. Галаса, В.Б. Кисельов, А.С. Куйбіда та ін. – К.: Експерт-сервіс, 1995. – 192 с.
4. Кашканов А.А. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних: монографія / А.А. Кашканов, В.М. Ребедаїло, В.А. Кашканов. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 148 с.
5. Hadrys D. The influence of various pressures in pneumatic tyre on braking process of car with anti-lock braking system / D. Hadrys, T. Wegrzyn, M. Miros // *Transport problems*. – 2008. – Volume 3, Issue 1. – P. 85–94.
6. Lyubenov D. Research of the stopping distance for different road conditions / D. Lyubenov // *Transport problems*. – 2011. – Volume 6, Issue 4. – P. 119–126.
7. Боровский Б.Е. Безопасность движения автомобильного транспорта / Б.Е. Боровский. – Л.: Лениздат, 1984. – 304 с.
8. Туренко А.Н. Методы расчета реального коэффициента сцепления при качении колеса в тормозном режиме / А.Н. Туренко, С.И. Ломака, Л.А. Рьжих и др. // *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – 2010. – Вып. 27. – С. 7–12.
9. Кашканов В.А. Удосконалення методу визначення коефіцієнта зчеплення при автотехнічній експертизі ДТП: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту» / В.А. Кашканов. – Х., 2008. – 22 с.
10. Sprint SG-2 – прибор для измерения динамических характеристик автомобиля [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.turbo-garage.com.ua/item.php?category=electronics&part=5>.

Рецензент: О.С. Полянський, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 11 березня 2013 р.