

УДК.656.08

*О.В. Сараев, к.т.н., доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

РЕЗУЛЬТАТИ ГАЛЬМІВНИХ ВИПРОБУВАНЬ АВТОБУСА КАТЕГОРІЇ М₃ СТОСОВНО ДО ЕКСПЕРТНОЇ ПРАКТИКИ

Отримано результати експериментальних випробувань ефективності гальмування автобуса, обладнаного сучасною антиблокувальною гальмівною системою з пневмоприводом. Ці результати відрізняються від даних, якими користуються фахівці з автотехнічної експертизи при дослідженні дорожньо-транспортної пригоди. Надано практичні рекомендації щодо застосування результатів дослідження в експертній практиці.

Ключові слова: автобус, гальмівні випробування, сповільнення, експертиза, дорожньо-транспортна пригода.

УДК 656.08

*А.В. Сараев, к.т.н., доцент
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет*

РЕЗУЛЬТАТЫ ТОРМОЗНЫХ ИСПЫТАНИЙ АВТОБУСА КАТЕГОРИИ М₃ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ЭКСПЕРТНОЙ ПРАКТИКЕ

Получены результаты экспериментальных испытаний эффективности торможения автобуса, который оборудован антиблокировочной тормозной системой с пневмоприводом. Эти результаты отличаются от данных, которыми пользуются специалисты по автотехнической экспертизе при исследовании дорожно-транспортного происшествия. Даны практические рекомендации по применению результатов исследования в экспертной практике.

Ключевые слова: автобус, тормозные испытания, замедление, экспертиза, дорожно-транспортное происшествие.

UDC 656.08

*O.V. Sarayev, PhD, Associate Professor
Kharkov National Automobile and Highway University*

RESULTS OF EXPERIMENTAL TESTS OF CATEGORY M₃ BUS BRAKING EFFICIENCY IN APPLICATION TO EXPERT PRACTICE

This research is aimed at study of braking efficiency of bus that is equipped with an anti-blocking pneumatic braking system. The braking efficiency test results, obtained in this research, are different from those used by car expert specialists in a car accident investigation. Therefore, practical recommendations on usage of those test results in the expert practice are given.

Keyword: bus, brake tests, slow, expertise, traffic accident.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. У випадку дослідження дорожньо-транспортної пригоди (ДТП) експерт повинен оцінити гальмівну ефективність транспортного засобу, визначивши його усталене сповільнення, а потім на підставі отриманих даних розрахувати

зупинний шлях. На сьогодні в Україні відсутні чіткі рекомендації щодо вибору або розрахунку величини усталеного сповільнення транспортного засобу, обладнаного антиблокувальною системою гальм. Тому в експертів мотивовано виникає проблемне питання стосовно правильності вибору величини усталеного сповільнення за застарілою методикою минулого століття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковане розв'язання цієї проблеми і на які спирається автор, виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Експериментально доведено, що наявність антиблокувальної системи гальм впливає на ефективність гальмування транспортних засобів. В Україні такі результати експериментальних досліджень опублікували науковці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ) та фахівці Науково-дослідного експертно-криміналістичного центру (НДЕКЦ) при ГУМВС України у Харківській обл. [1 – 4]. Є також зарубіжні публікації з цього приводу [5]. Але експерти вимушені і далі застосовувати затверджені міністерством юстиції застарілі експериментальні дані з визначення гальмівної ефективності автомобіля, справедливі тільки у тому разі, якщо автомобіль не обладнаний антиблокувальною системою гальм [6, 7, 8].

В усіх перелічених публікаціях не акцентовано уваги на тому, що експертна практика дослідження обставин ДТП повинна враховувати вплив антиблокувальної системи на ефективність гальмування автобусів категорії M_1 .

Відомо, що найточніші значення величини усталеного сповільнення автомобіля можна отримати при проведенні слідчого експерименту. Проте автомобіль після ДТП може мати такі пошкодження, які не дозволяють провести необхідні вимірювання. У такому разі експерту все одно треба використовувати середньостатистичні дані величини сповільнення автомобіля або визначати цю величину шляхом розрахунку за застарілими методиками, тобто наявність непередбаченої похибки не виключається.

Це проблемне питання вивчали в ХНАДУ на кафедрі автомобілів, науковою школою якої є «Динаміка гальмування і гальмові системи автотранспортних засобів» (наук. керівник – проф. А.М. Туренко).

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою дослідження було оцінювання ефективності гальмування автобуса категорії M_3 шляхом проведення експериментальних випробувань.

Для цього необхідно використати обладнання, здатне забезпечити вимір параметрів ефективності гальмування з необхідною точністю.

Гальмівні випробування автобуса виконати згідно з нормативними вимогами.

Потрібно проаналізувати отримані експериментальні дані щодо експертної практики.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Експериментальні дослідження було виконано за допомогою ходової лабораторії ХНАДУ на базі автобуса МАЗ-256, на якому стаціонарно було розміщено сучасний аналогово-цифровий вимірювальний комплекс (рис.1).

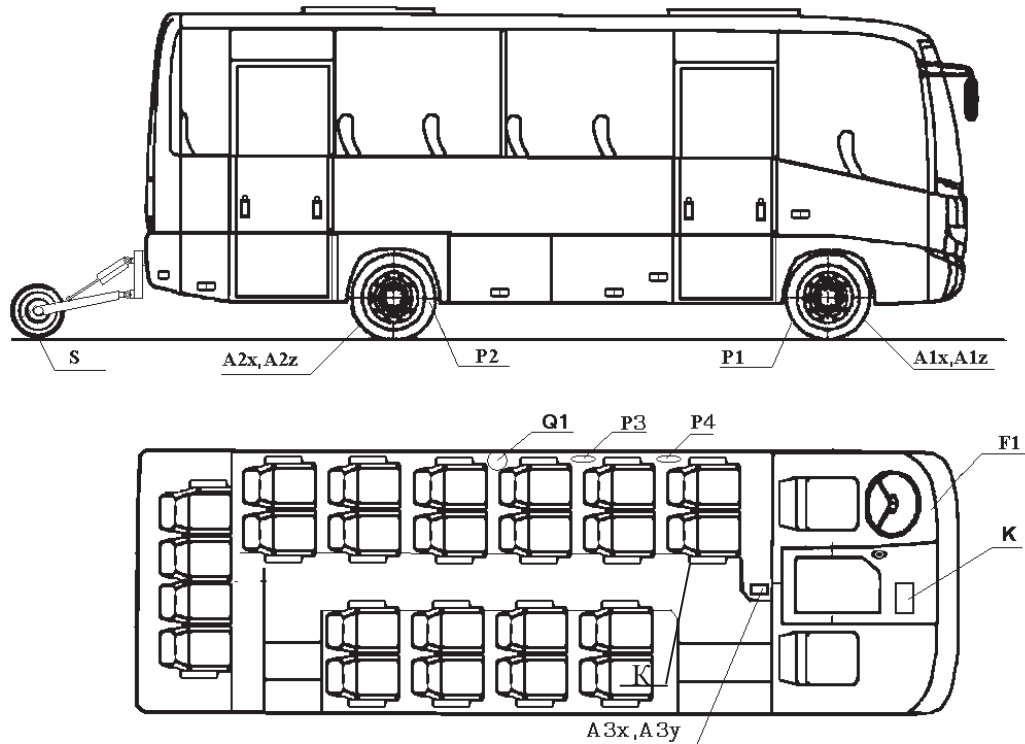


Рис. 1 – Загальний вигляд ходової лабораторії на базі автобуса категорії М₃ і схема розташування вимірювальних пристроїв: S – прилад «п’яте колесо»; P1 – P4 – датчики тиску; A1 – A3 – двокоординатні датчики прискорення; F1 – датчик зусилля на гальмівній педалі; Q1 – датчик витрати палива; K – контролер

Автобус МАЗ-256 має повну масу 9550 кг, кількість місць для сидіння – 23, номінальну місткість – 43 пасажирів, габаритні розміри – 8090/2550/3330 мм. Згідно з міжнародною класифікацією (таблиця 1) цей автобус можна віднести до категорії М₃.

Таблиця 1 – Міжнародна класифікація дорожніх транспортних засобів

| Тип дорожнього транспортного засобу | Категорія |
|---|----------------|
| Пасажирські з числом місць не більше 8 | M ₁ |
| Пасажирські з числом місць більше 8 і повною масою до 5 т | M ₂ |
| Пасажирські повною масою більше 5 т | M ₃ |
| Вантажні повною масою не більше 3,5 т | N ₁ |
| Вантажні повною масою 3,5 – 12 т | N ₂ |
| Вантажні повною масою більше 12 т | N ₃ |

У цілому, ходова лабораторія дозволяє оцінити швидкісні властивості транспортного засобу, ефективність його гальмівної системи, динамічні

характеристики гальмівного привода, паливну економічність, стійкість та плавність ходу.

До складу вимірювального комплексу входять: бортовий контролер; прилад «п'яте колесо»; датчики первинної інформації; кабелі зв'язку; переносний комп'ютер (ноутбук) [9].

Вимірювальний комплекс здатний функціонувати при температурі навколишнього середовища від -20 до 45°C і відносній вологості повітря від 5 до 95% без конденсації вологи. Електроживлення апаратури здійснюється від бортової мережі автомобіля напругою 11,4...14 В. Потужність, що використовується, – не більше 20 Вт.

Бортовий контролер виконує такі основні функції:

- автоматичне опитування датчиків і первинну обробку одержаної інформації;

- обмін інформацією з переносним комп'ютером по локальній мережі Ethernet;

- задає початок і закінчення автоматичного опитування датчиків;

- індикацію технологічних операцій;

- зберігання інформації за встановлений період випробувань.

Переносний комп'ютер із спеціальною прикладною програмою забезпечує:

- введення і коректування налагоджувальних коефіцієнтів параметрів, що вимірюються;

- калібрування датчиків;

- передачу введеної оператором інформації в бортовий контролер;

- виконання розрахунків за заданими функціями;

- побудову графіків по кожній функції;

- побудову гальмівної діаграми автомобіля;

- формування і видачу за командою оператора звітів заданої форми;

- надання інформації про заміряні й розрахункові параметри на моніторі у цифровому і графічному вигляді;

- зберігання одержаної в процесі випробувань інформації.

Особливістю ходової лабораторії є можливість одночасного отримання необхідної інформації по всіх вимірювальних каналах як у цифровому, так і в графічному вигляді. Це дозволяє наочно спостерігати картину протікання, наприклад, такого багатогранного і складного процесу, як гальмування автомобіля не тільки за параметрами гальмівної ефективності, але й з урахуванням динаміки гальмівного привода, зміни зусилля на гальмівній педалі, зміни курсової стійкості і появи коливань дій від нерівностей дороги (рис. 2).

Ходова лабораторія дозволяє оцінити ефективність гальмівної системи автомобіля двома різними способами: за допомогою приладу «п'яте колесо» і за допомогою вимірювання сповільнення автомобіля електронним датчиком прискорення.

При використанні приладу «п'яте колесо» гальмівний шлях автомобіля визначається комп'ютером безпосередньо через підрахунок імпульсів від датчика обертів колеса. Один імпульс датчика відповідає 0,026 м пройденого шляху.

У разі використання датчика прискорення гальмівний шлях визначається розрахунком автоматично, згідно з математичною моделлю

$$S_T = (t_{\text{зап}} + 0,5 \cdot t_{\text{нар}}) \cdot V + \frac{V^2}{2 \cdot j_{\text{уст}}} \quad (\text{м}), \quad (1)$$

де $t_{\text{зап}}$ – час запізнювання гальмування, с; $t_{\text{нар}}$ – час наростання уповільнення, с; V – початкова швидкість автомобіля, м/с; $j_{\text{уст}}$ – усталене сповільнення автомобіля, м/с².

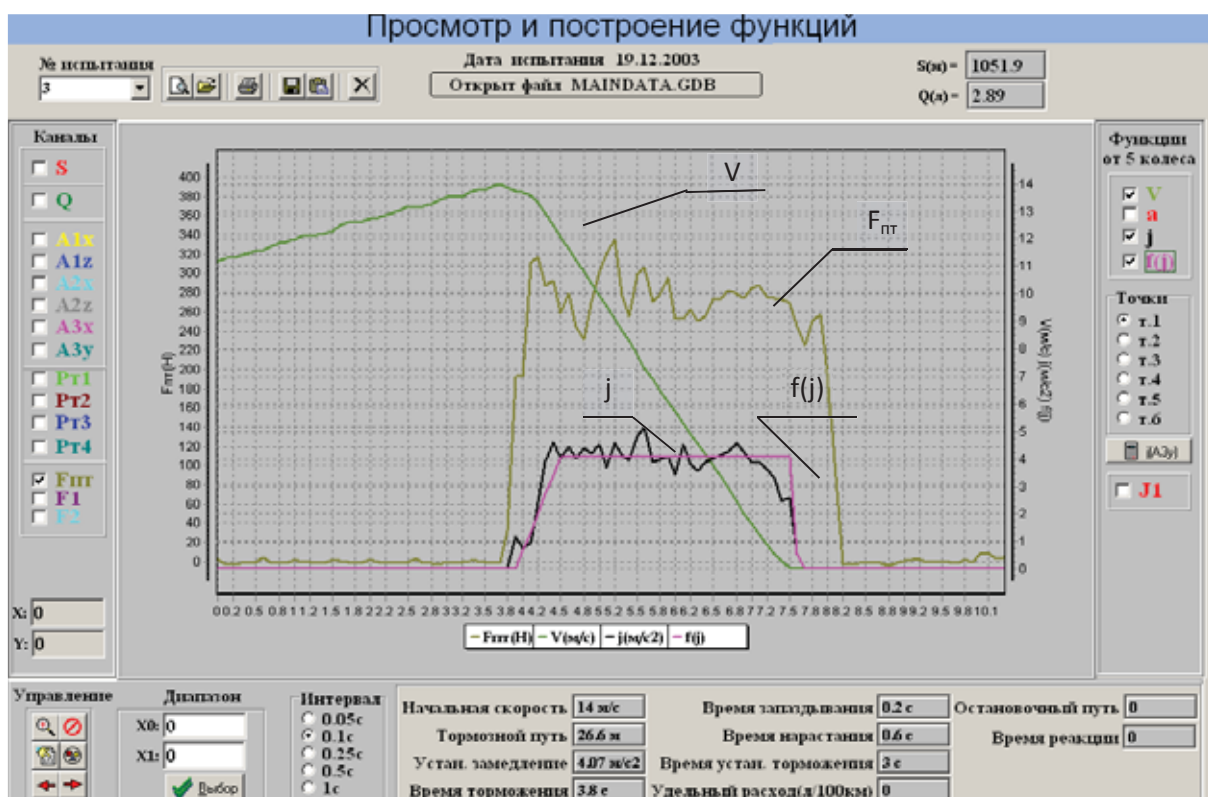


Рис. 2 – Результати випробувань, що характеризують гальмівну ефективність

Датчики прискорення, розташовані на мостах підвісок і кузові автобуса, дозволяють оцінити його курсову стійкість при гальмуванні (рис. 3). Відомо, що втрата стійкості виявляється в перекиданні автомобіля чи ковзанні його коліс у поперечній чи подовжній площинах. Більш імовірною є втрата автомобілем поперечної стійкості, однак у певних умовах можливою є втрата і подовжньої стійкості. Частіше виникає ковзання коліс, рідше – перекидання. Із численних факторів, що змінюються при експлуатації автомобіля, на стійкість значною мірою впливає технічний стан шин і гальмівної системи.

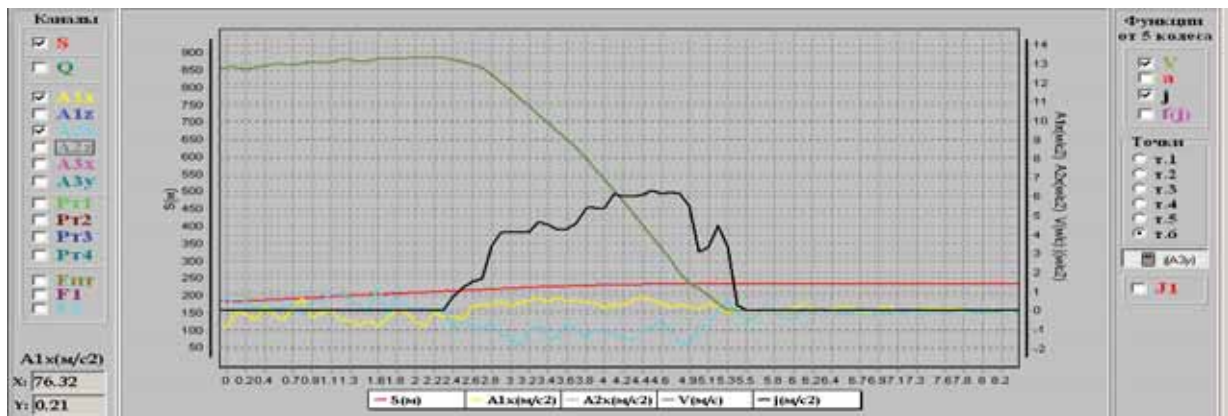


Рис. 3 – Курсова стійкість автомобіля при гальмуванні

Методи випробувань за визначенням гальмівних властивостей автомобілів серійного і масового виробництва та дослідних зразків установлюються діючими стандартами країни, розробленими на підставі Міжнародних правил ЕЕК ООН №13.

Відповідно до існуючих вимог, критеріями оцінювання ефективності робочої гальмівної системи при дорожніх випробуваннях автомобілів категорій М і N є гальмівний шлях і усталене сповільнення. Гальмівний шлях – це відстань, яку автомобіль проходить від початку до кінця гальмування, тобто від моменту торкання водієм гальмівної педалі до моменту зупинки автомобіля. Усталене сповільнення – це середня величина сповільнення автомобіля при гальмуванні з максимальною ефективністю.

Випробування з визначенням ефективності робочої гальмівної системи розділяють на три типи: випробування типу «нуль», випробування типу I, випробування типу II. Випробування виконувалися за типом «нуль», коли температура гальмівних механізмів не перевищує 100°C.

Ділянка дороги, на якій проводяться випробування, повинна бути прямою і горизонтальною. Допускаються поздовжні ухили, що не перевищують 0,5%. Покриття дороги має бути твердим і сухим, достатнім для забезпечення високого коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою ($\varphi \geq 0,7$). Випробування повинні виконуватися при температурі від +5 до +30°C і швидкості вітру, не більшій ніж 5 м/с.

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 вимірювання не повинні перевищувати при визначенні гальмівного шляху $\pm 1,5\%$, початкової швидкості гальмування $\pm 1,5\%$, уповільнення $\pm 4,0\%$.

Ходова лабораторія ХНАДУ забезпечує вимірювання параметрів з такими похибками:

- похибка пройденого шляху при гальмівних випробуваннях не перевищує 1,05%;
- похибка вимірювання швидкості – 1%;
- похибка вимірювання прискорення при використуванні приладу «п'яте колесо» – 2,1%;
- похибка вимірювання прискорення від акселерометрів – 1,02%.

Такі похибки справедливі при швидкостях, що перевищують 1,5 м/с. Похибка вимірювання інтервалів часу, наявна при всіх вимірюваннях, складає 0,1%.

У процесі експерименту було виконано більше 40 випробувань у спорядженому (порожньому) стані та 10 випробувань з повним навантаженням (з повною масою).

Результати випробувань заносилися в протокол випробувань, який оформлено у вигляді таблиці (таблиці 2). При кожному випробуванні вимірювалися такі величини: початкова швидкість гальмування V , гальмівний шлях $S_{и}$, усталене сповільнення $j_{уст}$, зусилля на педалі гальма F , час запізнювання гальмування $t_{зап}$, час наростання сповільнення $t_{нар}$, час спрацьовування гальмівної системи t_c .

Таблиця 2 – Приклад оформлення результатів випробувань

| № з/п | V , км/год | F , Н | $t_{зап}$, с | $t_{нар}$, с | t_c , с | $S_{и}$, м | $j_{уст}$, м/с ² | $j_{уст}$, м/с ² , середнє |
|-------|--------------|---------|---------------|---------------|-----------|-------------|------------------------------|--|
| 1 | 40 | 440 | 0,1 | 0,3 | 0,4 | 13,3 | 5,5 | 5,7 порожній |
| 2 | 40 | 495 | 0,2 | 0,35 | 0,55 | 14,5 | 5,9 | |
| 3 | 60 | 430 | 0,15 | 0,35 | 0,5 | 27,1 | 6,7 | 6,5 завантажений |
| 4 | 60 | 395 | 0,2 | 0,25 | 0,45 | 27,5 | 6,3 | |

Крім того, підраховувалася середня величина усталеного сповільнення за всіма випробуваннями, оскільки усталене сповільнення автомобіля є одним з основних параметрів до розрахунку ефективності гальмування. Саме тому висновок експерта при дослідженні ДТП багато в чому буде залежати від правильності й достовірності встановленої величини усталеного сповільнення. Згідно з отриманими експериментальним даним на сухому асфальті (коефіцієнт зчеплення 0,7 – 0,8) величина усталеного сповільнення автобуса категорії M_3 складає в середньому 6,5 м/с² у порожньому стані та 5,7 м/с² у завантаженому стані.

Треба ще раз відзначити, що ці дані отримані на автобусі, який обладнано антиблокувальною системою гальм із пневматичним приводом. Тому ці дані значно відрізняються від тих, якими користуються експерти при дослідженні ДТП. Така різниця у визначенні величини сповільнення автомобілів в експертній практиці можлива при використанні застарілих систематизованих даних (таблиці 3, 4) [7, 8].

Крім того, як показують результати експерименту, в автобуса категорії M_3 із сучасною гальмівною системою практично вдвічі скоротився час запізнювання спрацьовування гальм з 0,3 с (табл. 3) до 0,15 – 0,2 с (див. табл. 2). На практиці це приводить до того, що при гальмуванні зі швидкості 60 км/ч = 16,66 м/с за рахунок зменшення часу гальмування на 0,15 с скорочується зупинний шлях на 1,8 – 2,4 м. Тобто експерт повинен теж урахувати такі зміни в часі спрацьовування гальм автобуса категорії M_3 із сучасною гальмівною системою при розрахунку зупинного шляху, який виконується з точністю до 0,01 м.

Таблиця 3 – Параметри гальмування ТЗ у спорядженому стані

| Категорія ТЗ | Час запізнення гальмування t_2 , с | Час наростання гальмування t_3 , с | | Усталене сповільнення $j_{уст}$, м/с ² | |
|--------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|----------------|--|----------------|
| | | сухе покриття | мокре покриття | сухе покриття | мокре покриття |
| M_1 | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 6,7/6,4* | 5,0 |
| M_2 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 6,0 | 4,5 |
| M_3 | 0,3 | 0,6 | 0,5 | 5,3/5,0** | 4,0 |
| N_1 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | 5,6 | 4,5 |
| N_2 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 5,9/5,7** | 4,0 |
| N_3 | 0,3 | 0,6 | 0,4 | 6,1 | 4,0 |
| N_3+O_4 (автопоїзд) | 0,4 | 0,7 | 0,4 | 5,1 | 4,0 |

Примітки:

* у чисельнику для гальм з підсилювачем, у знаменнику – без підсилювача;

** у чисельнику для гальм з гідروприводом, у знаменнику – з пневмоприводом.

Таблиця 4 – Систематизовані дані значення усталеного сповільнення $j_{уст}$ (м/с²) автомобілів із пневмоприводом гальм

| Коефіцієнт зчеплення, ϕ | Категорія M_3 | | Категорія N_2 | | Категорія N_3 | | Категорія N_3+O_4 (автопоїзд) | |
|------------------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|---------------------------------|--------------|
| | порожній | завантажений | порожній | завантажений | порожній | завантажений | порожній | завантажений |
| 0,1 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| 0,2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 |
| 0,3 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 |
| 0,4 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 | 3,9 |
| 0,5 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,9 | 4,6 | 4,9 | 4,0 |
| 0,6 | 5,9 | 5,3 | 5,7 | 5,0 | 5,9 | 4,6 | 5,0 | 4,0 |
| 0,7 | 6,0 | 5,3 | 5,7 | 5,0 | 6,3 | 4,6 | 5,0 | 4,0 |
| 0,8 | 6,0 | 5,3 | 5,7 | 5,0 | 6,3 | 4,6 | 5,0 | 4,0 |

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Виконані експериментальні дослідження гальмівної ефективності автобуса категорії М₃, обладнаного антиблокувальною системою і пневматичним приводом гальм. Отримані результати за величиною усталеного сповільнення на 7 – 8 % відрізняються від даних, якими користуються експерти при дослідженні ДТП, а за величиною часу запізнювання спрацьовування гальм різниця складає 33 – 50%. Стосовно цього можна поради́ти експертам у випадку, коли автобус обладнаний антиблокувальною системою гальм, застосовувати експеримент для визначення його гальмівної ефективності або використовувати дані, отримані науковцями ХНАДУ. Безумовно, надалі експертні установи повинні мати дані про гальмівну ефективність транспортних засобів, обладнаних антиблокувальною системою гальм. Для цього треба продовжувати дослідження з вивчення ефективності гальмування сучасних транспортних засобів, конструкції гальмівних систем яких безперервно вдосконалюються.

Література

1. *Исследование тормозной динамики автомобиля при анализе дорожно-транспортного происшествия* / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, А.В. Сараев, А.О. Малявин // *Автомобильный транспорт: сб. науч. тр.* – Х.: ХНАДУ. – 2010. – Вып. 26. – С. 17 – 22.
2. *Клименко В.И. Дослідження впливу антиблокувальної системи на ефективність гальмування легкового автомобіля* / В.И. Клименко, І.А. Давиденко, О.В. Сараєв // *Автомобильный транспорт: сб. научн. тр.* – Х.: ХНАДУ. – 2011. – Вып. 29. – С. 245 – 249.
3. *Сараєв О.В. Проблемні питання визначення параметрів руху транспортних засобів при дослідженні ДТП* / *Вестник ХНАДУ: сб. научн. тр.* – Х.: ХНАДУ. – 2013. – Вып. 61. – 62. – С. 174 – 178.
4. *Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ* / В.И. Клименко, О.В. Сараєв, С.В. Данець. – Х.: ХНАДУ, 2013. – 320 с.
5. *Суворов Ю.Б. Судебная дорожно-транспортная экспертиза. Судебно-экспертная оценка действий водителей и других лиц, ответственных за обеспечение безопасности дорожного движения, на участках ДТП: учебное пособие для вузов* / Ю.Б. Суворов. – М.: Право и закон, 2004. – 208 с.
6. *Науково-методичні рекомендації з питань підготовки та призначення судових експертиз: наказ Міністерства юстиції України від 08.10.98 № 53/5.*
7. *Судебная автотехническая экспертиза: в 2 ч.* / под научн. руков. В.А. Иларионова. – Ч. 2. – М.: Министерство юстиции СССР, 1980. – 490 с.
8. *Экспертная практика и новые методы исследования : Результаты систематизации экспериментально-расчетных значений параметров торможения автотранспортных средств: информационный сборник в 3 ч.* – М.: ВНИИ судебных экспертиз, 1990. – 28 с.
9. *Клименко В.И. Совершенствование измерительного комплекса для исследования эксплуатационных свойств автомобиля* / В.И. Клименко, А.В. Сараев // *Автомобильный транспорт: сб. научн. тр.* – Х.: ХНАДУ. – 2003. – Вып. 13. – С. 206 – 209.

Надійшла до редакції 16.04.2014

©А.В. Сараєв