
4

СУДЕБНАЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА

УДК 656.08

**О.В. Сараєв, канд. техн. наук,
доцент, декан факультету**

*Харківський національний
автомобільно-дорожній університет*

ВПЛИВ АНТИБЛОКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ НА ШЛЯХ АВТОМОБІЛЯ

Проаналізовано експертний метод розрахунку зупинного шляху автомобіля. Показано, як впливає на процес гальмування автомобіля застосування антиблокувальної системи гальм. Доведено, що на точність розрахунку зупинного шляху автомобіля впливають особливості конструкції його гальмівної системи. Сучасні автомобілі категорії М1, які обладнанні антиблокувальною системою гальм, при інших рівних умовах мають менший зупинний шлях на 5,9-11,65% ніж автомобілі, які такої системи не мають.

На даний час в Україні відсутні чіткі методичні рекомендації для експертів автотехніків з вибору або розрахунку величини усталеного сповільнення сучасного автомобіля, який обладнаний антиблокувальною системою гальм. На практиці це приводить до того, що розрахунок зупинного шляху такого автомобіля суттєво буде відрізнятися від даних, які можна отримати шляхом проведення слідчого експерименту. З цього приводу в експертів виникає питання щодо правильності вибору величини усталеного сповільнення за систематизованими даними, які вже застарілі, бо були створені у 80–90 роках минулого століття. Найбільш повну відповідь на це проблемне питання дають науковці Харківського національного автомобільно-дорожнього університету на кафедрі автомобілів, де вже понад 60 років діє єдина в Україні та на пострадянському просторі наукова школа “Динаміка гальмування і гальмові системи автотранспортних засобів” (науковий керівник доктор техн. наук, професор Туренко А.М.).

За даними проф. В.А. Іларіонова, значення усталеного сповільнення автомобіля, що буде розраховане двома різними експертами, може відрізнятись за величиною на 30% [1]. Тому, починаючи з 80-х років, щоб уникнути значних розбіжностей у розрахунках, експертам пропонується керуватися систематизованими середньостатистичними даними параметрів ефективності гальмування відповідно до кожної категорії транспортного засобу (ТЗ) [2]. Інші, дещо відмінні систематизовані статистичні дані параметрів ефективності гальмування одержані в 1990 році при випробуваннях 14 груп автомобілів радянського виробництва [3]. Більш високі результати усталеного сповільнення до $8,5 \text{ м/с}^2$ для сучасних легкових автомобілів, що обладнанні антиблокувальною системою гальм, опубліковані в Росії професором Ю.Б. Суворовим [4]. В Україні дослідження, що пов'язані з випробуваннями транспортних засобів, які обладнанні анти блокувальною системою гальм, виконуються і публікуються у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті [5; 6; 7].

Зупинний шлях ТЗ рахується за відомою формулою [1; 7]

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3)v_a + \frac{v_a^2}{2j}, \quad (1)$$

де S_0 — зупинний шлях ТЗ, м; t_1 — час реакції водія, с; t_2 — час запізнювання спрацьовування дії гальм ТЗ, с; t_3 — час наростання сповільнення ТЗ, с; v_a — швидкість руху ТЗ, м/с; j — усталене сповільнення ТЗ, м/с^2 .

Усталене сповільнення ТЗ можна розрахувати за формулою

$$j = \frac{\varphi \cdot g}{k_e}, \quad (2)$$

де j — коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою в напрямку його кочення; g — прискорення вільного падіння, $g=9,81 \text{ м/с}^2$; k_e — поправковий коефіцієнт ефективності гальмування.

Слід зазначити, що коефіцієнт зчеплення j залежить не тільки від стану дороги, але й від конструкції і властивостей самої шини, ступеня її спрацьованості. На практиці повне й одночасне використання зчепної ваги всіма колесами автомобіля зустрічається дуже рідко. Це пов'язано з рядом причин, основні з яких: нестабільність роботи гальмового приводу та гальмівних механізмів, нерівномірність розподілу вагового навантаження на осі та колеса ТЗ. Тому, щоб понизити похибку розрахунку величини j , у формулі (2) є поправковий коефіцієнт k_e , який в різних джерелах має різні назви: коефіцієнт експлуатаційних

умов гальмування, коефіцієнт ефективності гальмування або коефіцієнт експлуатаційного стану гальм. Загальним недоліком розрахункового методу визначення усталеного сповільнення є використання саме цих коефіцієнтів φ , k_e , величина кожного з яких знаходяться в деякому діапазоні. Щоб уникнути значних розбіжностей у розрахунках, експертам пропонується керуватися систематизованими середньостатистичними даними параметрів ефективності гальмування t_2 , t_3 , j відповідно до кожної категорії ТЗ (табл. 1, 2) [1; 2].

Безумовно усталене сповільнення j є одним з ключових параметрів до розрахунку зупинного шляху ТЗ і отже до аналізу можливості запобігти ДТП. Тому висновок експерта багато в чому буде залежати

Таблиця 1. Міжнародна класифікація дорожніх транспортних засобів

Тип дорожнього транспортного засобу	Категорія
Пасажи́рські з числом місць не більше 8	M_1
Пасажи́рські з числом місць більше 8 і повною масою до 5 т	M_2
Пасажи́рські 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

Таблиця 2. 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

Примітка: * — в чисельнику для автомобілів з підсилювачем, в знаменнику — без підсилювача; ** — у чисельнику для автомобілів з гідроприводом, в знаменнику — з пневмоприводом.

від правильності і достовірності встановленої величини усталеного сповільнення. Разом з тим, не можна вважати дані табл. 2 повністю об'єктивними, оскільки, наприклад, сповільнення вантажних автомобілів збільшується з $5,6 \text{ м/с}^2$ до $6,1 \text{ м/с}^2$ в міру зростання категорії від N_1 до N_3 . Тобто, на практиці це означає, що автомобіль КамАЗ-5320, який належить до категорії N_3 , буде ефективніше гальмувати ніж автомобіль Ford Transit або Mercedes Vito, які відносяться до категорії N_1 .

Інші, дещо відмінні систематизовані статистичні дані, одержані в 1990 році при випробуваннях 14 груп автомобілів таких радянських виробників, як ВАЗ, АЗЛК, Москвич, ІЖ, ГАЗ, РАФ, ПАЗ, ЛАЗ, УАЗ, ЕрАЗ, ЛіАЗ, ЗІЛ, КАЗ, КраЗ, МАЗ, КамАЗ [2]. Аналіз цих даних дозволяє вибірково прийняти до уваги ті з них, які мають кращі показники усталеного сповільнення ТЗ у своїй категорії (табл. 3).

Якщо сповільнення ТЗ визначено за систематизованими табличними даними (див. табл. 2, 3), але є необхідність його відкоригувати з урахуванням поздовжнього ухилу дороги λ в градусах, то можливо перерахувати величину усталеного сповільнення на ухилі за формулою

$$j = j_{\text{уст}} \cos \lambda \pm g \sin \lambda . \quad (3)$$

де $j_{\text{уст}}$ — це усталене сповільнення ТЗ, що прийняте за табличними систематизованими даними; j — це усталене сповільнення перераховане з урахуванням ухилу дороги.

Систематизовані статистичні дані усталеного сповільнення, що наведено в таблиці 3 є більш об'єктивнішими ніж дані, які наведені в

Таблиця 3. Систематизовані дані значення усталеного сповільнення $j_{\text{уст}}$ (м/с^2) для ТЗ з гідроприводом гальм

Коефіцієнт зчеплення, φ	Категорія ТЗ M_1, N_1		Категорія ТЗ M_2		Категорія ТЗ M_3		Категорія ТЗ N_2	
	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	4,5	4,9	4,9
0,6	5,9	5,9	5,9	5,4	5,9	4,7	5,9	4,9
0,7	6,9	6,7	6,9	5,4	6,7	4,9	6,3	4,9
0,8	7,5	6,7	7,5	5,4	6,7	4,9	6,3	4,9

табл. 2, оскільки вони одержані в ході випробувань більш сучасних на той час моделей автомобілів. Але жодне з наведених у цих таблицях значень усталеного сповільнення не було отримано на автомобілі, який обладнано антиблокувальною системою гальм.

Anti Blocking System (ABS) — антиблокувальна система (АБС) призначена для запобігання блокуванню коліс автомобіля при гальмуванні з максимальною ефективністю. Завдяки застосуванню АБС підвищується ефективність гальмування ТЗ, особливо на дорогах із низьким коефіцієнтом зчеплення, покращується стійкість і керованість автомобіля, зменшується зношуваність шин.

Функціонування АБС забезпечує циклічне розгальмовування й загальмовування коліс за визначеним алгоритмом для підтримки їх роботи з максимальною реалізацією гальмівних сил у даних дорожніх умовах без блокуванню коліс. АБС є замкнутою автоматичною системою управління, інтегрованою в гальмовий привід автомобіля. Розвиток АБС привів до впровадження у виробництво їх стандартних конструктивних рішень (рис. 1) [8].

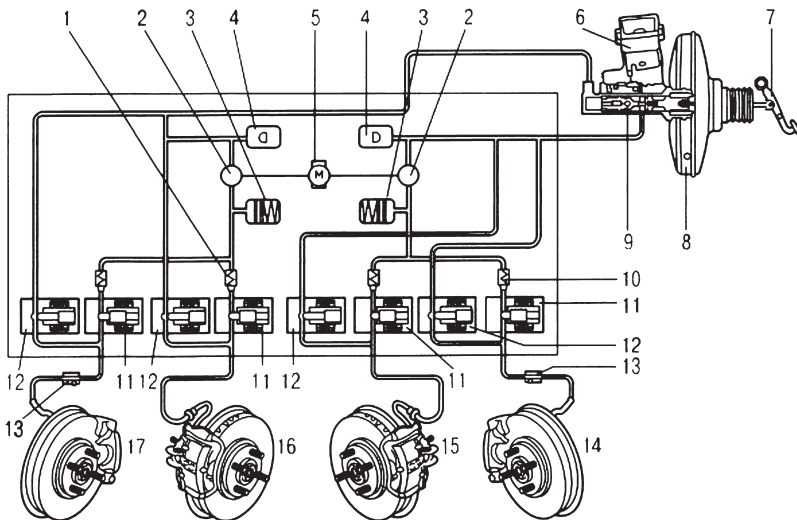


Рис. 1. Схема АБС фірми Bosch:

1 — зворотні клапани; 2 — клапан плунжерного насоса; 3 — гідроаккумулятор; 4 — камера згладження пульсації в системі; 5 — електродвигун з гідравлічним насосом; 6 — бачок для гальмової рідини; 7 — педаль робочого гальма; 8 — підсилювач гальм; 9 — головний гальмовий циліндр; 10 — блок АБС; 11 — випускні керовані клапани; 12 — впускні керовані клапани; 13 — дросельний клапан; 14–17 — гальмові механізми

Сучасна АБС Bosch є чотириканальною. Кожний мікроконтролер розраховує необхідні для регулювання параметри тільки за інформацією від індивідуальних колісних датчиків. З кутових швидкостей коліс виводиться прослизання квазіпропорційно до усередненої лінійної швидкості автомобіля. Відфільтрована похідна за часом від опорної швидкості приймається за сповільнення автомобіля. Дані величини служать параметрами регулювання АБС.

Апаратно робота АБС здійснюється таким чином. Якщо при гальмуванні одне з коліс близько до блокування (про що повідомляє датчик частоти обертання, які встановлені в кожному колесі), блок керування 10 перекриває впускний клапан 12 відповідного контуру, що перешкоджає подальшому росту тиску в контурі незалежно від росту тиску в головному циліндрі 9. У той же час починає працювати гідралічний плунжерний насос 5. Якщо обертання колеса продовжує вповільнюватися, блок керування відкриває впускний клапан 11, дозволяючи гальмовій рідині вернутися в гідроаккумулятори 3. Це призводить до зменшення тиску в контурі й дозволяє колесу обертатися швидше. Якщо обертання колеса надмірно прискорюється (у порівнянні з іншими колесами) для підвищення тиску в контурі блок керування перекриває впускний клапан 11 і відкриває впускний 12. Гальмова рідина подається з головного гальмового циліндра 9 за допомогою плунжерного насоса 5 з гідроаккумуляторів 3. Демпферні камери 4 згладжують пульсації, що виникають у системі при роботі плунжерного насоса.

Сучасні гальмівні системи з АБС обладнуються додатковими пристроями, як Elektronische Bremskraftverteilung і Brake Assistant. Elektronische Bremskraftverteilung (EBV) — це електронний розподільник гальмівних сил, який перерозподіляє гальмівні сили на колесах пропорційно діючим на них нормальним навантаженням. Це робить роботу гальмового приводу з АБС більш стабільною та ефективною. EBV вступає в дію до початку роботи АБС або при її неспрацьовуванні із-за несправності. Треба зазначити, що EBV більш точно слідкує за перерозподілом навантажень на колеса в процесі гальмування автомобіля, ніж звичайний регулятор гальмівних сил, який здійснює в основному статичне регулювання в залежності від маси вантажу автомобіля. Хоча по суті EBV є сучасним аналогом регулятора гальмівних сил.

Аналіз причин ДТП з участю автомобілів, які були обладнані першими конструкціями АБС, свідчив про те, що величина сили, яку прикладає водій до гальмівної педалі в разі екстреного гальмування, є недостатньою, щоб подолати силу, яка протидіяла з боку АБС і

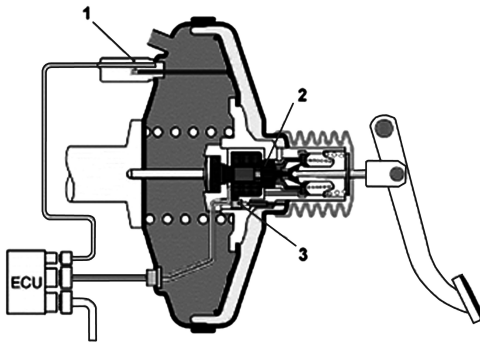


Рис. 2. Автоматичний пристрій — асистент гальмування:

1 — датчик переміщення; 2 — електромагнітний клапан; 3 — перемикач режиму посилення

інтенсивності дії водія на гальмівну педаль (службове або екстремне гальмування). Цей пристрій має акселерометричний датчик, вмонтований в гальмівну педаль, або підсилювач гальм, за сигналом з якого блок управління може визначити, що має місце екстремне гальмування, і включити прискорювальні апарати гальмового приводу або змінити передаточне відношення підсилювача (рис. 2).

Під час гальмування автомобіля, що обладнаний АБС, водій відчуває на педалі гальм легку вібрацію, яка буде відчутнішою під час руху на дорозі з низьким коефіцієнтом зчеплення, наприклад, по льоду або снігу. Крім того, у салоні автомобіля можливо почути характерний шум, супроводжуючий роботу АБС. Цей шум є абсолютно нормальним явищем і пов'язаний з роботою гідронаосу АБС. Якщо водій намагається імітувати роботу АБС, періодично відпускаючи й натискаючи на гальмівну педаль, то це може призвести до зниження ефективності АБС, збільшення гальмового шляху. Тому при екстремому гальмуванні автомобіля, обладнаного АБС, слід натискати на гальмівну педаль з постійним зусиллям.

Як показують експериментальні дослідження [5–7] науковців Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (ХНАДУ), усталене сповільнення легкових автомобілів, що обладнані антиблокувальною системою гальм, на сухому асфальті складає 7,67–8,8 м/с². Ці дані отримані шляхом випробування, які проводилися з урахуванням чинного в Україні галузевого стандарту ОСТ37.001.067–86, а саме — на прямій ділянці дороги з поперечними та поздовжніми ухилами, які не

не давала натиснути на педаль гальма з максимальною ефективністю. Це було причиною збільшення гальмового шляху та багатьох ДТП. Щоб уникнути такого негативного явища з боку АБС, був розроблений новий пристрій — це асистент гальмування (Brake Assistant, Smart Booster), який призначено для зміни швидкості подачі робочого тіла (рідини) до виконавчих апаратів гальмівної системи залежно від

перевищують 0,5%, з сухим чистим асфальтобетонним покриттям, що забезпечує високий коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою $\varphi \geq 0,7$. Випробування проводилися при температурі від +8 до +12°C і швидкості вітру, що не перевищував 3–5 м/с.

На рис. 3 наведені результати трьох розрахунків зупинного шляху легкового автомобіля (категорія M1) — за двома експертними систематизованими (табличними) даними і за даними, які були отримані науковцями ХНАДУ. Розрахунки виконані за формулою (1) і наступними вихідними даними:

- $t_1=1$ с — час реакції водія;
- $t_2=0,2$ с — час запізнювання спрацьовування дії гальм ТЗ;
- $t_3=0,35$ с — час наростання сповільнення ТЗ;
- $v_a=25$ м/с (90 км/год) — швидкість руху ТЗ;
- $j=6,7$ м/с² — усталене сповільнення ТЗ згідно даним САТЕ від 1980 р;
- $j=7,5$ м/с² — усталене сповільнення ТЗ згідно даним інформаційному збірнику від 1990 р;
- $j=8,4$ м/с² — усталене сповільнення ТЗ, обладнаних АБС, згідно даним ХНАДУ від 2013 р.

Аналізуючи довжину зупинного шляху автомобіля категорії M_1 зі швидкості 90 км/год на сухому рівному асфальтобетонному покритті за розрахунком, який виконаний за трьома різними даними усталеного сповільнення (див. рис. 3) можна відзначити наступне. Найдовший зупинний шлях 81,02 м буде мати автомобіль, якщо цей шлях рахувати

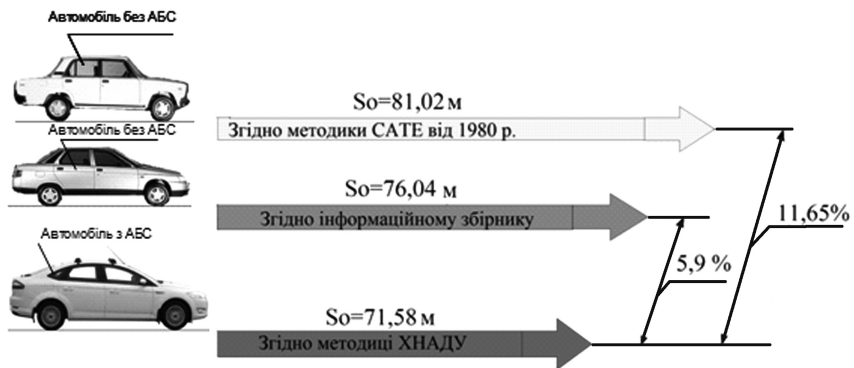


Рис. 3. Розрахунок зупинного шляху автомобіля при однакових вихідних даних, але різному значенні усталеного сповільнення

використовуючи значення усталеного сповільнення за систематизованими даними 1980 р [2]. Декілька менший зупинний шлях 76,04 м буде мати автомобіль, якщо цей шлях рахувати згідно інформаційному збірнику 1990 р. [3]. Найменший зупинний шлях 71,58 м буде у автомобіля з АБС, якщо рахувати цей шлях використовуючи значення усталеного сповільнення за даними ХНАДУ від 2013 р [7]. На практиці це може означати що, якщо експерт не буде враховувати тип гальмівної системи автомобіля, то при аналізі можливості запобігти ДТП шляхом своєчасного гальмування можна прийти до невірних висновків.

На підставі наведеного можна дійти висновків, що сучасні автомобілі категорії M_1 , які обладнанні антиблокувальною системою гальм, при інших рівних умовах мають менший зупинний шлях на 5,9–11,65% ніж автомобілі, які такої системи не мають.

При експертних розрахунках зупинного шляху автомобіля треба рахувати не тільки його категорію і завантаження, але й тип гальмівної системи — з АБС чи без неї.

Перспективи подальшого розвитку у даному напрямку пов'язані з подальшими експериментальними дослідженнями ефективності гальмування транспортних засобів, які обладнанні сучасною конструкцією гальмівної системи, та застосуванням методів математичної статистики для обробки отриманих результатів виміру.

Список використаної літератури

1. *Иларионов В.А.* Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебник для вузов / В.А. Иларионов. — М.: Транспорт, 1989. — 254 с.
2. Судебная автотехническая экспертиза. — В 2 ч. / под научн. руков. В.А. Иларионова. — Ч. 2. — М.: Министерство юстиции СССР, 1980. — 490 с.
3. 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.
4. *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.
5. *Туренко А.Н.* Автотехническая экспертиза: учебное пособие / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, А.В. Сараев. — Х.: ХНАДУ, 2007. — 156 с.
6. *Клименко В.І.* Дослідження впливу антиблокувальної системи на ефективність гальмування легкового автомобіля / В.І. Клименко, І.А. Давіденко, О.В. Сараєв // Автомобильный транспорт: сб. научн. тр. — Х.: ХНАДУ, 2011. — Вып. 29. — С. 245–249.
7. *Туренко А.М.* Автотехнічна експертиза. Дослідження обставин ДТП: підручник для ВНЗ / В.І. Клименко, О.В. Сараєв, С.В. Данець. — Х.: ХНАДУ, 2013. — 320 с.

8. Автомобильный справочник BOSCH: Пер. с англ. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЗАО “КЖИ “За рулем”, 2004. — 992 с.

Резюме

Сегодня в Украине отсутствуют четкие методические рекомендации для экспертов автотехников по выбору и расчету величины установившегося замедления современного автомобиля, который оборудован антиблокировочной системой тормозов. На практике это приводит к тому, что расчет остановочного пути такого автомобиля существенно будет отличаться от данных, которые можно получить путем проведения следственного эксперимента. Наиболее полный ответ на этот проблемный вопрос дают научные работы Харьковского национального автомобильно-дорожного университета кафедры автомобилей, где уже свыше 60 лет действует единая в Украине и на постсоветском пространстве научная школа “Динамика торможения и тормозные системы автотранспортных средств” (научный руководитель доктор техн. наук, профессор А.Н. Туренко). В статье рассмотрен расчетный метод анализа возможности предотвращения дорожно-транспортного происшествия путем своевременного торможения автомобиля. Доказано, что на правильность вывода эксперта влияют особенности конструкции тормозной системы автомобиля. Современные автомобили категории M_1 , которые оборудованы антиблокировочной системой тормозов, при других равных условиях имеют меньший остановочный путь на 5,9–11,65% чем автомобили, которые такой системой не оборудованы. Перспективы дальнейшего развития в данном направлении связаны с экспериментальными исследованиями эффективности торможения транспортных средств, которые оборудованы современной конструкцией тормозной системы, и применением методов математической статистики для обработки полученных результатов измерения.

Summary

Currently, in Ukraine there are no clear guidelines for automotive maintenance technicians experts for selection or calculation of the steady slowdown of modern motor cars, which are equipped with anti-lock braking systems. In practice, this leads to the fact that the calculation of the braking path of such a vehicle will be significantly different from the data that can be obtained through an investigative experiment. The most complete answer to this problematic issue is given by scientists of Kharkiv National Automobile and Highway University at the department of motor vehicles, where for over 60 years there has been operating the unique in Ukraine and the former Soviet Union Scientific School “Dynamics of Braking and Braking Systems of Motor Vehicles” (scientific supervisor Dr. Tech. Sci., Professor, A.M. Turenko). In the given paper there was analyzed the calculation method for investigating the possibility of preventing road traffic accidents through timely vehicle braking. It has been proved that the correctness of the expert’s design is affected by the features of the vehicle braking system. Modern motor cars of M_1 category are equipped with anti-lock braking systems, other conditions being equal they have a less stopping distance to 5,9–11,65% than motor cars that are not equipped with such a system. The prospects for further development in this area are associated with further experimental studies of the braking performance of vehicles that are equipped with modern braking system design and application of mathematical statistics for measurement results processing.