

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПІД ЧАС ГАЛЬМІВНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Сітовський О. П., кандидат технічних наук, Луцький Національний технічний університет, Луцьк, Україна

Дембицький В.М., Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», Київ, Україна

Кашуба А. М., Луцький Національний технічний університет, Луцьк, Україна

Босенко В.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

ESTIMATED UNCERTAINTY OF MEASUREMENT DURING THE VEHICLE BRAKING OF TESTS

Sitovskiy O. P., Ph.D., Lutsk National technical university, Lutsk, Ukraine

Dembitskiy V. M., State enterprise «Scientific-research and design-technology institute», Kyiv, Ukraine

Kashuba A.M., Lutsk National technical university, Lutsk, Ukraine

Bosenko V.M., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ОЦЕНКА НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ВО ВРЕМЯ ТОРМОЗНЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Ситовский О. Ф., кандидат технических наук, Луцкий Национальный технический университет, Луцк, Украина

Дембицкий В.Н., Государственное предприятие «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт городского хозяйства», Киев, Украина

Кашуба А. Н., Луцкий Национальный технический университет, Луцк, Украина

Босенко В.М., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. Після проведення випробувань транспортних засобів, постановки експерименту постає питання оцінювання їх результатів, встановлення достовірності отриманих даних та врахування зовнішніх впливів під час цих робіт. Сучасні вимоги щодо встановлення достовірності результатів випробувань ґрунтуються на концепції “оцінювання невизначеності вимірювань”, яка є більш точною та дозволяє врахувати практично усі можливі впливи на результати випробувань, порівняно з концепцією “оцінювання похибки”, яка довгий час застосовувалася країнами СНД.

Аналіз попередніх досліджень. На сьогоднішній день розроблено досить чіткі методології оцінювання невизначеності вимірювань, як загальні [1, 2, 3, 6], так і для конкретних видів вимірювань або випробувань [4, 5]. Однак ці методології, зазвичай є загальними та не враховують усі можливі складові невизначеності, крім того процедура оцінювання невизначеності повинна коректуватися, залежно від застосовуваного випробувального устаткування. Тому для більш точного оцінювання невизначеності вимірювань та підготовки адекватної процедури, необхідно врахувати:

- метод проведення вимірювань або випробувань;
- застосовуване випробувань устаткування;
- складові елементи, які мають вплив на отримані результати.

Виходячи з вищевикладеного методика оцінювання невизначеності повинна уточнюватися при конкретних умовах проведення робіт.

Метою даної роботи є побудова моделі оцінювання невизначеності вимірювань під час випробувань ефективності системи електродинамічного гальмування транспортних засобів з гібридною або електричною силовою установкою.

Критерієм оцінювання ефективності системи електродинамічного гальмування, що нормується нормативними документами [7, 8] є сповільнення, яке створюється під час гальмування транспортного засобу. Для побудови моделі оцінювання невизначеності вимірювань доцільно застосувати методику контролювання ефективності допоміжної гальмівної системи, описану у [8].

Ідентифікація складових невизначеності перед проведенням оцінювання дозволить забезпечити охоплення та врахування усіх можливих впливів на кінцевий результат. Враховуючи методику

випробувань [8] найбільший вплив на кінцевий результат випробувань матимуть елементи, зазначені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Ідентифікація складників невизначеності вимірювання сповільнення транспортного засобу

Назва складника невизначеності	Елемент складника	Умовне позначення
Випробувальне устаткування для визначення сповільнення при гальмуванні	Невизначеність устаткування	Δj_y
Тиск повітря в шинах	Невизначеність устаткування	Δj_{mu}
Висота рисунка протектора шин	Невизначеність устаткування	Δj_{ep}
Швидкість та напрям вітру	Невизначеність устаткування, сила вітру, яка діє вздовж поздовжньої осі автомобіля	Δj_v
Стан дорожнього покриття	Коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою	Δj_{on}
Стан елементів приводу гальмівної системи	Час затримки приведення в дію гальмівної системи	Δj_{in}
Кваліфікація водія	Час затримки приведення в дію гальмівної системи	Δj_{te}
Вплив випробувального устаткування	Час затримки ввімкнення вимірювальних приладів	Δj_{ty}
Характеристики випробувальної ділянки	Поздовжній ухил	Δj_{x0}

У таблиці 1 ідентифіковано лише основні, найбільш значущі складники невизначеності, в залежності від поставлених задач даний перелік можна як розширювати так і скорочувати, висуваючи певні припущення.

Випробувальне устаткування. Під час гальмівних випробувань, з метою визначення сповільнення транспортного засобу застосовується випробувальне устаткування, наведене у таблиці 2.

Таблиця 2 – Перелік випробувального устаткування для гальмівних випробувань.

Назва, марка	Вимірювані величини	Діапазон вимірів	Значення невизначеності вимірювання, згідно свідочств про калібрування
1	2	3	4
Прилад "шлях швидкість час" VBOX III	Визначення сповільнення, часу, швидкості, шляху гальмування	швидкість руху 0...999,9 км/год	Шлях $U=5,0$ % швидкість $U=1,5$ км/год сповільнення $U=4,0$ %
		Шлях 0...9999 м прискорення/сповільнення ± 2 g;	
Штангенциркуль ЩЦ-П	Визначення висоти рисунка протектора шин	0...250 мм	$U=0,03$ мм – плоскі губки
Рівень з лазером LEVEL PRO-3	Визначення поздовжнього ухилу випробувального майданчика	Горизонт. рівень 0° . Вертикальний рівень 90° . Похибка відхилення від горизонт. та вертик. рівнів $\delta=\pm 1$ %	Горизонтальна площина $U=3,5^\circ$
Лазерний дальномір DLE40	Визначення поздовжнього ухилу випробувального майданчика	Діапазон вимірювань: 0,5...40 м Похибка $\Delta = \pm 1,5$ мм	$U=1,9$ мм

Продовження таблиці 2

1	2	3	4
Манометр технічний	Визначення тиску повітря в шинах	Діапазон вимірювань 0...25 кг/см ² Похибка $\delta = \pm 5\%$	U=0,07 кг/см ²
Педометр електроконтактний	Відмітки початку та завершення вимірювань	-	-
Анемометр ТМА 10	Швидкість вітру	0,4...25 м/с, ціна поділки 0,01 м/с, похибка $\delta = \pm 2\%$	U=0,2 м/с

Для приладу VBOX III наявне значення невизначеності вимірювань для сповільнення, яке враховує усі елементи від безпосередньо замірів до відображення, тому подальші розрахунки є недоцільними. Крім того у відповідності з п. 7.4.4.1.1 [8] діапазон швидкостей під час випробувань становить 25...35 км/год., при чому, швидкість початку гальмування допускається контролювати за штатним спідометром автомобіля, оцінювання невизначеності швидкості початку гальмування буде неефективним, а її вплив на загальний результат випробувань буде незначний, враховуючи досить незначну зміну ефективності гальмування в заданому діапазоні швидкостей.

З метою оцінювання невизначеності вимірювань складників, зазначених у таблиці 1, необхідно інтегрувати їх до величини сповільнення, а потім провести відповідні розрахунки.

Тиск повітря в шинах впливає як на значення швидкості так і на коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою. Відповідно до вищенаведених аргументів, впливом швидкості початку гальмування можна знехтувати. Враховуючи, що тиск в шинах визначається за допомогою манометра, для якого встановлено межі невизначеності вимірювань, необхідно ці показники врахувати.

У відповідності з [10] нормативне значення тиску в шинах встановлюється при максимальному значенні коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою для даної шини. Крім того з теорії автомобіля [9] відомо, що сповільнення автомобіля становить:

$$\Delta j_{tu} = g \cdot \Delta \varphi_{mu} \quad (1)$$

де, Δj_{tu} – складова невизначеності, яка враховує вплив тиску повітря в шинах на результати випробувань, м/с²;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

$\Delta \varphi_{mu}$ – зміна коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою при зміні тиску повітря в шинах.

Звідси, вважаючи, що коефіцієнт зчеплення для сухого асфальто- або цементобетонного покриття становить 0,7...0,8, тобто змінюється в діапазоні 0,1, та припускаючи, що невизначеність вимірювання тиску, згідно характеристик приладу, наведених у таблиці 2, призведе до зміни коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою в межах 5 %, вплив даного параметру на результат визначення сповільнення становитиме 0,049 м/с².

Висота рисунка протектора шин також має досить суттєвий вплив на коефіцієнт зчеплення. Згідно [10] коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою для повністю зношених шин зменшується на 20...25 % порівняно з новими. Мінімальне значення висоти рисунка протектора шин, згідно [8] становить 1,6 мм для легкових автомобілів. Тому можна припустити, що зменшення висоти рисунка протектора шини на кожен 1 мм призведе до зменшення коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою на 4 %, від середнього значення 0,75. Враховуючи залежність (1), вплив висоти рисунка протектора шин на значення сповільнення визначатиметься за залежністю 2:

$$\Delta j_{ep} = \Delta h \cdot \varphi \cdot g \quad (2)$$

де, Δj_{ep} – складова невизначеності, яка враховує вплив висоти рисунка протектора шин на результати випробувань, м/с²;

φ – середнє значення коефіцієнта зчеплення коліс з дорогою;

Δh – зміна висоти рисунка протектора шини, порівняно з новою, %.

Швидкість та напрям вітру. Напря́м вітру матиме суттєвий вплив на результати випробувань лише у тому випадку, якщо від буде діяти лише вздовж поздовжньої осі транспортного засобу. Розрахунок впливу швидкості вітру здійснюється виходячи з умов проведення випробувань (п. 1.2.5 13 [7]), тобто приймається максимальна швидкість вітру, при якій допускається проводити

випробування 5 м/с. З рівняння балансу сил при гальмуванні транспортного засобу [9], складова невизначеності щодо впливу швидкості на напряму вітру матиме вигляд:

$$\Delta j_e = k \cdot F \cdot V_e^2 \cdot \cos \alpha_e / M_a \quad (3)$$

де, Δj_e – складова невизначеності, яка враховує вплив швидкості та напряму вітру на результати випробувань, м/с²;

k – коефіцієнт обтічності транспортного засобу;

F – площа лобового опору автомобіля, м²;

V_e – швидкість вітру, м/с;

M_a – маса транспортного засобу, кг;

α_e – кут між напрямком вітру та поздовжньою віссю транспортного засобу.

Стан дорожнього покриття. Врахування коефіцієнту зчеплення коліс з дорогою залежно від стану дорожнього покриття є досить трудомістким та складним процесом, тому доцільно скористатися припущенням, що невизначеність, обумовлена станом дорожнього полотна буде характеризуватися рівномірним розподілом в межах зміни значень коефіцієнту зчеплення для сухого асфальто- або цементобетонного покриття, тобто в межах 0,05, та визначатиметься, для імовірності 95 %, за формулою:

$$\Delta j_{dn} = \frac{g \cdot \Delta \varphi}{34,64} \quad (4)$$

де, Δj_{dn} – складова невизначеності, яка враховує стан дорожнього покриття на результати випробувань, м/с².

Час затримки. Стан елементів приводу гальмівної системи характеризується часом затримки, тобто часом від моменту приведення в дію елементів приводу до моменту виникнення гальмівного зусилля. Для гідравлічної гальмівної системи даний час приймається в межах 0,03...0,05 с. Для випадків електродинамічного гальмування вплив цього складника враховувати недоцільно, оскільки час приведення в дію електричних систем досить малий.

Крім того можливий також час затримки, пов'язаний з реакцією водія, тобто час затримки приведення в дію органу керування після отримання команди, також потрібно враховувати час затримки пов'язаний із запуском вимірювальної апаратури, якщо це пов'язане з ручним ввімкненням або стартом.

Характеристики приладу VBOX III дозволяють проводити заміри сповільнення у певному діапазоні наростання сповільнення. Під час випробувань для нівелювання впливів стану гальмівної системи, реакції водія, затримки ввімкнення приладів, а також у відповідності з вимогами Правил ЄЕК ООН № 13, встановлюється діапазон замірів сповільнення в межах 10...90 %. Тобто в результати випробувань включаються лише дані, отримані в заданому діапазоні миттєвих сповільнень. Якщо ж необхідно врахувати вищеописані складники невизначеності можна застосувати наступну залежність, припускаючи нормальний розподіл величин та враховуючи значення вимірюваної величини:

$$\Delta j_t = \Delta j \frac{t_i}{2 \cdot \sqrt{3}} \quad (5)$$

де, Δj_t – складова невизначеності, яка враховує вплив часу t_n , t_b , t_y затримки на результати випробувань, м/с²;

Δj – різниця між максимальним та мінімальним заліковим значенням сповільнення, зареєстрованим під час гальмівних випробувань конкретного транспортного засобу, м/с²;

t_n – час затримки спрацювання гальмівного приводу, с;

t_b – час затримки реакції водія, с;

t_y – час затримки ввімкнення вимірювальної апаратури, с;

Згідно статистичних даних, час затримки ввімкнення вимірювальної апаратури співрозмірний з часом реакції водія та перебуває в межах 0,6...0,8 с.

Випробувальний майданчик. За результатами аналізування характеристик випробувального майданчика найбільший вплив на результати гальмівних випробувань матиме поздовжній ухил. Згідно нормативних документів [7, 8] поздовжній ухил під час гальмівних випробувань не повинен перевищувати 1,5 % або $\approx 1^\circ$.

З рівняння балансу сил при гальмуванні транспортного засобу [9], складова невизначеності щодо впливу поздовжнього ухилу матиме вигляд:

$$\Delta j_{x0} = 0,1 \cdot g \cdot \sin \alpha_{yn} \quad (6)$$

де, Δj_{x0} – складова невизначеності, яка враховує вплив поздовжнього ухилу випробувального майданчика на результати випробувань, м/с^2 ;

α_{yn} – кут поздовжнього ухилу випробувального майданчика, °.

Таким чином у відповідності до таблиці 1, ідентифіковано та визначено основні важливі складові невизначеності, які можуть мати вплив під час визначенні ефективності електродинамічного гальмування транспортного засобу. Аналогічним чином, можна визначити і інші складові невизначеності, однак в даному випадку, вони не матимуть досить суттєвого впливу на кінцевий результат, тому ними можна знехтувати.

Алгоритм оцінювання невизначеності визначений згідно [1, 2]. Стандартна сумарна невизначеність вимірювання сповільнення:

$$u(j)_c = \sqrt{j_A^2 + j_y^2 + j_{nu}^2 + j_{ep}^2 \pm j_a^2 + j_{on}^2 + j_{in}^2 + j_{iv}^2 + j_{ty}^2 \pm j_{x0}^2} \quad (7)$$

де $u(j)_c$ – стандартна сумарна невизначеність вимірювання сповільнення, м/с^2 ;

j_A – невизначеність вимірювань за типом А, м/с^2 ;

j_y – невизначеність вимірювань випробувального устаткування, значення, зазвичай, вказується у експлуатаційних документах на прилад або у свідоцтві калібрування, м/с^2 .

У виразі (7), з метою підвищення точності розрахунків, необхідно звертати увагу на наступні моменти:

– складова невизначеності, яка враховує напрям та швидкість вітру підставляється зі знаком “мінус”, якщо усі заїзди проводяться у напрямку, попутному напрямку вітру. Однак зазвичай під час випробувань заїзди здійснюються у двох взаємопротилежних напрямках, тому у залежності (7) ставиться знак “плюс”;

– складова невизначеності, яка враховує ухил випробувального майданчика підставляється зі знаком “мінус”, якщо усі заїзди проводяться у напрямку, ухилу. Однак зазвичай під час випробувань заїзди здійснюються у двох взаємопротилежних напрямках, тому у залежності (7) ставиться знак “плюс”;

Невизначеність вимірювань за типом А визначається за формулою (8) [1]:

$$j_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (j_i - \bar{j})^2} \quad (8)$$

де j_i – значення сповільнення і-го заїзду, м/с^2 ;

\bar{j} – середнє значення сповільнення, м/с^2 ;

n – кількість замірів (заїздів).

Розширена невизначеність буде визначатися з виразу:

$$u(j) = k u(j)_c \quad (9)$$

де k – коефіцієнт покриття, який визначається як коефіцієнт Стюдента [2] для ймовірності $p=0,95$ та числа ефективного степенів свободи ν_{eff} , яке розраховується за формулою Велча-Сатерсвейта:

$$\nu_{\text{eff}} = (n-1) \left[\frac{u(j)_c}{j_A} \right]^4 \quad (10)$$

Розрахунок невизначеності та представлення результатів. За результатами побудови моделі оцінювання невизначеності вимірювань під час визначення ефективності системи електродинамічного гальмування транспортних засобів з гібридною або електричною силовою установкою, проведено оцінювання невизначеності вимірювань за вищеописаною схемою.

Вихідні дані. За результатами визначення величини сповільнення, яке розвивається транспортним засобом під час електродинамічного гальмування, отримано результати, наведені у таблиці 3. Дослідження проводилися на ділянці дороги, яка за своїми характеристиками відповідає вимогам Правил СЕК ООН № 13. Пориви вітру не перевищували 5 м/с. Напрямок вітру – паралельно поздовжній осі транспортного засобу. Заїзди проводилися в обох взаємопротилежних напрямках. Висота рисунка протектора шин становила 7,8 мм. Тиск в шинах, за результатами замірів, відповідав значенню, встановленому підприємством-виробником транспортного засобу. Габаритна висота транспортного засобу – 2950 мм. Колія передньої осі – 2160 мм. Маса транспортного засобу – 11760 кг.

Таблиця 3 – Результати визначення ефективності електродинамічного гальмування

Замір	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Сповільнення, м/с ²	1,15	1,02	1,23	1,08	1,18	0,99	1,11	1,10	1,07	1,14

Результати оцінювання невизначеності вимірювань наведені у таблиці 4, відповідно до рекомендацій [2].

Таблиця 4 – Бюджет невизначеності вимірювань сповільнення транспортного засобу

Вхідна величина	Оцінки вхідних величин		Стандартні невизначеності вхідних величин		Число степенів свободи
	Залежність	Значення	Залежність	Значення	
Середнє значення вимірюваного сповільнення, \bar{j}	$\bar{j} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n j_i$	1,107 м/с ²	(8), м/с ²	0,0228 м/с ²	4
Невизначеність випробувального устаткування	3 характеристик устаткування (таблиця 2)	4,0 %	3 характеристик устаткування (таблиця 2)	0,04428 м/с ²	∞
Тиск повітря в шинах	(1), м/с ²	0,049 м/с ²	(1), м/с ²	0,049 м/с ²	∞
Висота рисунка протектора шин	(2), м/с ²	0,00735 м/с ²	(2), м/с ²	0,00735 м/с ²	∞
Напрямок та швидкість вітру	(3), м/с ²	0,001045 м/с ²	(3), м/с ²	0,001045 м/с ²	∞
Стан дорожнього покриття	(4), м/с ²	0,01416 м/с ²	(4), м/с ²	0,01416 м/с ²	∞
Час затримки ввімкнення вимірювальної апаратури	(5), м/с ²	0,0555 м/с ²	(5), м/с ²	0,0555 м/с ²	∞
Випробувальний майданчик	(6), м/с ²	0,0171 м/с ²	(6), м/с ²	0,0171 м/с ²	∞
Оцінка вихідної величини	Вихідна величина	Сумарна стандартна невизначеність	Ефективне число степенів свободи		Розширена невизначеність
	$u(j)$	(7), м/с ² 0,0922 м/с ²	(10) 97457		(9), м/с ² 0,18 м/с ²

За результатами розрахунків та оцінювання невизначеності вимірювань ефективності електродинамічного гальмування можна констатувати, що з імовірністю $p=0,95$ фактичне значення сповільнення перебуває в межах $j=(1,107 \pm 0,18)$ м/с². Разом з тим необхідно зауважити, що довірчий інтервал може змінюватися в досить широкому діапазоні, залежно від зміни значень оцінюваних величин. Наприклад, якщо за кермом перебуває досвідчений водій-випробувач час затримки ввімкнення випробувальної апаратури зменшиться вдвічі, тоді довірчий інтервал, при усіх інших ідентичних показниках, буде вузьчий і становитиме $j=(1,107 \pm 0,15)$ м/с². Тобто довірчий інтервал буде

зменшуватися по мірі зменшення внесків у невизначеність вимірювань складових частин, описаних вище.

На рисунку 1 для наглядності зображено довірчі інтервали визначені за методами оцінювання похибки та невизначеності вимірювань, а також інтервал розташування фактичних результатів випробувань. Визначення довірчого інтервалу за методом оцінювання похибки є неефективним, оскільки з цього інтервалу випадає частина фактичних значень, крім того цей метод не враховує ряд показників, які мають вплив на кінцеві результати. Довірчий інтервал, визначений за методом оцінювання невизначеності охоплює усю область отриманих значень, крім того він враховує вплив основних параметрів, наведених у таблиці 2. Отож на основі наведених розрахунків можна констатувати, що концепція оцінювання невизначеності вимірювань більш точно відображає фактичні результати випробувань та дозволяє стверджувати, що з певною імовірністю визначений параметр перебуває у межах довірчого інтервалу.

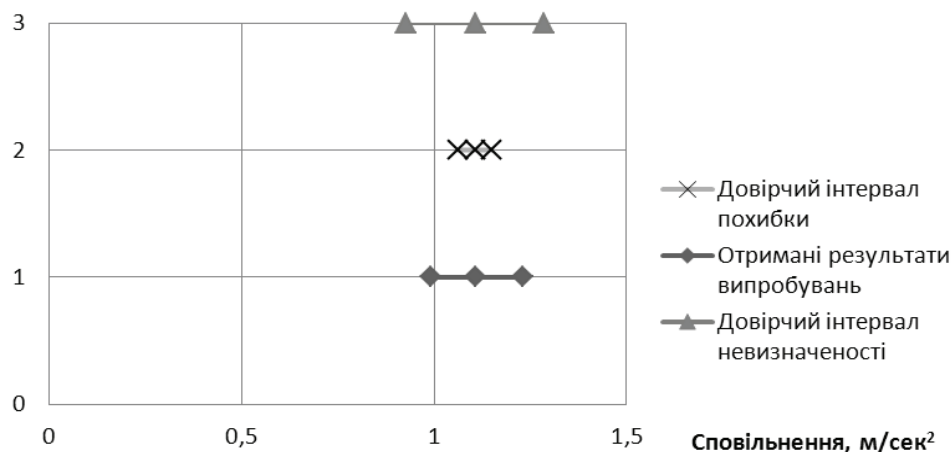


Рисунок 1 – Результати випробувань та довірчі інтервали ефективності системи електродинамічного гальмування

Висновки: За результатами проведеної роботи:

- побудовано модель оцінювання невизначеності вимірювань під час визначення ефективності системи електродинамічного гальмування транспортних засобів з гібридною або електричною силовою установкою;
- ідентифіковано основні складові невизначеності та проведено розрахунки їх внесків у сумарну невизначеність;
- проведено практичне визначення довірчого інтервалу для результатів випробувань щодо визначення ефективності системи електродинамічного гальмування транспортного засобу;
- в подальшому описана модель може бути застосована для оцінювання результатів випробувань, експериментів, як науковими установами так і випробувальними організаціями.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Метрологія. Застосування "Руководства по выражению неопределенности измерений": ДСТУ-Н РМГ 43:2006 (РМГ 43:2001, IDT). – [Введений в дію 01.07.2007]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 28 с. – (Національні стандарти України).
2. Рекомендації з метрологічного забезпечення випробувальних і калібрувальних лабораторій: СТУ – Р УкрАО 913.15:2007. – [Введений в дію 01.02.2007]. – Стандарт УкрАО, 2007. – 101 с.
3. Жарко Ю.Г. Испытания автотранспорта: стандартизация, сертификация, оценивание неопределенности измерений / Ю.Г. Жарко // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 4 (71). – С. 108-111.
4. Жарко Ю.Г. Оценивание неопределённости измерений тормозного пути при испытаниях транспортных средств / Ю.Г. Жарко, И.П. Захаров, С.Н. Сакало // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2012. – Вип. 1 (99). – С. 70-73.

5. Никитин В.А. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: Учебное пособие – 2-е изд. перераб. и доп. / В.А. Никитин, С.В. Бойко. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 462 с.
6. Мерзжівська В.В. Засади оцінювання невизначеності результатів випробувань транспортних засобів та їхніх складових частин [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://sites.google.com/site/yakavoska/articles/zasadi>. Дата доступу: 25.12.2013 р.
7. Єдині технічні приписи щодо офіційного схвалення типу транспортних засобів категорій М N та O стосовно гальмування: Правила ЄЕК ООН № 13. – [Чинні від 14.01.2008]. – Женева.: Європейська Економічна Комісія Організації Об'єднаних націй, 2008. – 276 с.
8. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649:2010. – [Введений в дію 01.07.2011]. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 26 с. – (Національні стандарти України).
9. Яковлев Н.А. Теория автомобиля / Н.А. Яковлев, Н.В. Диваков. – М.: Высшая школа. 1962. – 299 с.
10. Работа автомобильной шины / [Под ред. В.И. Кнороза]. – М.: Транспорт. 1976. – 238 с.

REFERENCES

1. Metrologiia. Zastosuvannia "Rukovodstva po vyrazheniyu neopredelyennosti izmerenii" DSTU-H RMG 43:2006. Kyiv. Derzhspozhyvstandart Ukrainy.- 2006 -28 p. (Ukr)
2. Rekomendatsii z metrologichnogo zabezpechennia vyprobuvalnyh i kalibryvalnyh laboratorii: STY – R UkrAO 913.15:2007. 101 p. (Ukr)
3. Zharko Yu.G. Ispytania avtotransporta: standartizatsiia, sertifikatsiia, otsenivaniie neopredeliennosti izmerenii [Test vehicles: standardization, certification, estimated uncertainty of measurement] / Sistemy obrabotki informatsii: zbirnyk naukovykh prats – Kharkiv, KhUPS, 2008.- Vyp. 4(71). – 108-111 p. (Rus)
4. Zharko Yu.G., Zakharov I. P., Sakalo S.N. Otsenivaniie neopredeliennosti izmerenii tormoznogo puti pri isrytaniiah transportnih sredstv / Sistemi obrabotki informatsii: zbirnyk naukovykh prats – Kharkiv, KhUPS Vyp. 1(99). – 70-73 p. (Rus)
5. Nikitin V.A., Boyko S.V., Metodi i sredstva izmerenii, ispytaniia i kontroliia: .Uchebnoie posobiie. – 2nd ed. rev. and add.- Orenburg: GOU OGU, 2004.- 462 p. (Rus)
6. Merzhyievska V. V. Zasady otsiniuvannia nevuznachenosti rezultativ vyprobuvan transportnyh zasobiv ta ih skladovuh chastyn [electronic resource] – Access mode: <https://sites.google.com/site/yakavoska/articles/zasadi>. Date of access: 25.11.2013. (Ukr)
7. Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking: UNECE Regulation number 13. – [Valid from 14.01.2008]. – Geneva.: Economic Commission for Europe of the United Nations, 2008. – 276 p. (Ukr)
8. Kolisni transportni zasoby. Vymogy schodo bezpechnosti tehnicnogo stanu ta metodu kontroliuvannia : DSTU 3649:2010. – Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006.- 26 p. . – (National Standards of Ukraine) (Ukr)
9. Yakovlev N.A., Divakov N.V. Teoriia avtomobiliia. [Theory of the car],- Moskva: Vysshiaia shkola. 1962, 299 p. (Rus)
10. Knoroz V.I. Rabota avtomobilnoi shiny. [Job automotive tires],- Moskva: Transport. 1976. – 238 p. (Rus)

РЕФЕРАТ

Сітовський О.П. Оцінювання невизначеності вимірювань під час гальмівних випробувань транспортних засобів / О.П. Сітовський, В.М. Дембіцький, А.М. Кашуба, В.М. Босенко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

У статті розглянуто методологію оцінювання результатів випробувань ефективності системи електродинамічного гальмування за критерієм усталеного сповільнення.

Об'єктом дослідження є гальмівні властивості транспортного засобу з електроприводом та гібридною силовою установкою, обладнаного системою електродинамічного гальмування.

Предметом дослідження є оцінювання результатів, отриманих експериментальним методом, за концепцією оцінювання невизначеності вимірювань.

Головною проблемою після проведення експериментів під час досліджень є оцінювання достовірності їх результатів. З цією метою проведено роботу по ідентифікації складових невизначеності вимірювань, їх аналіз, розрахунок, а також запропоновано алгоритм оцінювання невизначеності та окреслено довірчий інтервал. Крім того розглянуто практичний розрахунок і встановлення довірчого інтервалу для фактичних результатів випробувань.

Результати дослідження можуть бути застосовані під час оцінювання результатів експериментів, випробувань науковими установами, випробувальними організаціями та іншими зацікавленими особами.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ, ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНЕ ГАЛЬМУВАННЯ, СКЛАДНИК, ОЦІНЮВАННЯ, ДОВІРЧИЙ ІНТЕРВАЛ, ВИПРОБУВАЛЬНЕ УСТАТКОВАННЯ.

ABSTRACT

Sitovskyi O.P., Dembitskyi V.M., Kashuba A.M., Bosenko V.M. Estimated uncertainty of measurement during the vehicle braking of tests. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2014. – Vol. 29.

In the article considered the methodology for assessing the effectiveness of the results tests of electrodynamic's braking by criterion of steady deceleration.

Object of research are braking properties of the vehicle with electric and hybrid power plant equipped with electrodynamic's braking system.

The subject of research is to assess the results obtained by the experimental method, using the concept of uncertainty of measurement.

The main problem after experiments in the research is to assess the reliability of their results. For this purpose worked to identify the components of the uncertainty of measurement, analysis, calculation, and also provided an algorithm for estimating uncertainty and determined confidence interval. Also considered by practical calculation and determination of the confidence interval for actual test results.

The results can be applied in evaluating the results of experiments and testing scientific institutes, testing organizations and other stakeholders.

KEYWORDS: MEASUREMENT UNCERTAINTY ELECTRODYNAMIC BRAKING, COMPONENTS, EVALUATIONCONFIDENCE INTERVAL, TEST EQUIPMENT.

РЕФЕРАТ

Ситовский О.Ф. Оценка неопределенности измерений во время тормозных испытаний транспортных средств / О.Ф. Ситовский, В.Н. Дембицкий, А.Н. Кашуба, В.Н. Босенко // Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2014. – Вып. 29.

В статье рассмотрена методология оценки результатов испытаний эффективности системы электродинамического торможения по критерию установившегося замедления.

Объектом исследования являются тормозные свойства транспортного средства с электроприводом и гибридной силовой установкой, оборудованного системой электродинамического торможения.

Предметом исследования является оценка результатов, полученных экспериментальным методом, используя концепцию оценивания неопределенности измерений.

Главной проблемой после проведения экспериментов в ходе исследований является оценка достоверности их результатов. С этой целью проведена работа по идентификации составляющих неопределенности измерений, их анализ, расчет, а также предложен алгоритм оценки неопределенности и очерчен доверительный интервал. Кроме того рассмотрен практический расчет и определение доверительного интервала для фактических результатов испытаний.

Результаты исследования могут быть применены при оценке результатов экспериментов, испытаний научными учреждениями, испытательными организациями и другими заинтересованными лицами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ, ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ ТОРМОЖЕНИЕ, СОСТАВЛЯЮЩИЕ, ОЦЕНКА, ДОВЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНТЕРВАЛ, ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.

АВТОРИ:

Сітовський Олег Пилипович, кандидат технічних наук, доцент, Луцький НТУ, доцент кафедри автомобілів і транспортних технологій, e-mail: sitovsky@ukr.net, тел. +380677631656, Україна, 43018, м. Луцьк, вул. Львівська 75, к. 347

Дембіцький Валерій Миколайович, Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», завідувач лабораторії надійності і рухомого складу відділу міський електричний транспорт, e-mail: dvm2@meta.ua, тел. +380663035058, +380673611999, Україна, 45607, Волинська обл., Луцький р-н, с. Гірка Полонка, вул. Жовтнева, 1, кв.3.

Кашуба А. М. аспірант, Луцький НТУ, аспірант кафедри автомобілів і транспортних технологій, e-mail: and-kashuba@yandex.ru, тел. 38 (097)1347591, , Україна, 43018, м. Луцьк, вул. Львівська 75, к. 343

Босенко Володимир Миколайович, аспірант кафедри «Автомобілі» Національного транспортного університету, тел.. 280-42-52, Україна 01010, м.Київ, вул. Суворова 1, к.306.

AUTHOR:

Sitovskiy O. P., Ph.D., associate professor Lutsk National technical university, associate professor department of cars and transport technologies, e-mail: sitovsky@ukr.net, t. +380677631656, Ukraine, 43018, Lutsk, Lvivska str. 75, of. 347

Dembitskiy Valeryj M., State enterprise «Scientific-research and design-technology institute», Head of the Laboratory of reliability and rolling stock of the city electric transport, e-mail: dvm2@meta.ua, tel. +380663035058, +380673611999, Ukraine, 45607, Volyn region., Lutsk district, v. Gyrka Polonka str. Zhovtneva 1, sq. 3.

Kashuba A.M. postgraduate (student) department of cars and transport technologies, , Lutsk National technical university, e-mail: and-kashuba@yandex.ru, tel. 38 (097)1347591, Ukraine, 43018, Lutsk, Lvivska str. 75, of. 343

Bosenko Vladimir Nikolaevich, graduate student of Avtomobili chair of National transport university, bodies. 280-42-52, Ukraine 01010, Kiev, Suvorova St. 1, к.306.

АВТОРЫ:

Ситовский О. Ф., кандидат технических наук, доцент, Луцкий НТУ, доцент кафедры автомобилей и транспортных технологий, e-mail: sitovsky@ukr.net, тел. +380677631656, Украина, 43018, г. Луцк, ул. Львовская, 75, к. 347

Дембицкий В.Н. Государственное предприятие «Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт городского хозяйства», заведующий лабораторией надежности и подвижного состава отдела городской электрический транспорт, e-mail: dvm2@meta.ua, тел. +380663035058, +380673611999, Украина, 45607, Вольнская обл., Луцкий р-н, д. Гирка Полонка, ул. Жовтнева 1, кв.3.

Кашуба А. аспірант, Луцкий НТУ, аспірант кафедры автомобилей і транспортных технологий, e-mail: and-kashuba@yandex.ru, тел. 38 (097)1347591, , Украина, 43018, г. Луцк, ул. Львовская 75, к. 343

Босенко Владимир Николаевич, аспірант кафедры «Автомобили» Национального транспортного университета, тел. .. 280-42-52, Украина 01010, г.Киев, ул. Суворова 1, к.306.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Пустюльга С.І., доктор технічних наук, професор, Луцький національний технічний університет, декан машинобудівного факультету, Луцьк, Україна

Гутаревич Ю.Ф., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедрою двигуни і теплотехніка, Київ, Україна

REVIEWER:

Pustyluha S.I., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Lutsk national technical university, dean of machine-building faculty, Lutsk, Ukraine.

Gutarevych Y.F., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, head department of engines and heating engineering, Kyiv, Ukraine.