

УДК 629.3.017.5

Ю.Г. Жарко<sup>1</sup>, И.П. Захаров<sup>2</sup>, С.Н. Сакало<sup>2</sup><sup>1</sup>ГП «Харьковский региональный научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации», Харьков, Украина<sup>2</sup>Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

## ОЦЕНИВАНИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ПРИ ИСПЫТАНИЯХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрена методика проведения испытаний и особенности обработки результатов измерений при определении тормозного пути автотранспортных средств с оценением неопределенности измерений. Приведен пример оценивания неопределенности измерений тормозного пути.

**Ключевые слова:** автотранспортное средство, тормозной путь, неопределенность измерения.

### Введение

**Постановка задачи.** Тормозные свойства автотранспортного средства (АТС), являются одними из основных при обеспечении его активной безопасности – совокупности технологических разработок и комплекса свойств автотранспортного средства (АТС), призванных предотвратить возможную аварийную ситуацию или свести ее появление к минимуму.

Тормозные свойства АТС оцениваются при испытаниях по значению тормозного пути и (или) установившегося замедления [1].

Наиболее наглядным в отношении безопасности движения и важным в практической работе водителя параметром, определяющим тормозные свойства АТС, является тормозной путь, то есть расстояние, пройденное АТС во время экстренного торможения с момента влияния на орган управления тормозной системы до момента его остановки. Экстренное (аварийное) торможение служит для резкого уменьшения скорости АТС с максимально возможным в данных дорожных условиях замедлением (до  $8 - 9 \text{ м/с}^2$ ) и осуществляется с помощью рабочей тормозной системы (РТС), которая должна действовать на все колеса от одного органа управления; при воздействии водителя на орган управления со своего сиденья и расположении обеих рук водителя на органе рулевого управления – замедлять движение транспортного средства вплоть до полной остановки.

В соответствии с [1] допустимая погрешность измерения тормозного пути не должна превышать 5%. В статье 10 Закона Украины «О метрологии и метрологической деятельности» [2] говорится, что результаты измерений могут быть использованы при условиях, если известны соответствующие характеристики погрешностей или неопределенности измерений. Необходимость оценивания неопределенности измерений при

проведении испытаний АТС обоснована в работе [3], однако процедура оценивания неопределенности измерения тормозного пути до настоящего времени разработана не была.

**Целью статьи** является рассмотрение особенности обработки результатов измерений тормозного пути при испытаниях автотранспортных средств с оценением их неопределенности.

### Изложение основного материала

**1. Методика испытаний.** При проверках дорожных условиях длина тормозного пути может определяться прямым измерением или путем вычисления по методике, приведенной в [1] на основе результатов измерения установившегося замедления, времени запаздывания тормозной системы и времени нарастания замедления при заданной начальной скорости торможения. Второй способ является более предпочтительным, поскольку позволяет рассчитать тормозной путь для любой начальной скорости торможения.

Начальной скоростью торможения называется значение скорости в момент, когда водитель начинает влиять на орган управления тормозной системы [4, 5].

Начальная скорость во время испытаний должна составлять от 35 до 45 км/час. АТС, которые по техническим характеристикам не могут двигаться с такой скоростью, торможение начинают с максимально возможной скоростью.

Тогда норматив тормозного пути вычисляют по одной из формул табл. 1 в соответствии с категорией АТС [1]. Для АТС, выпуска до 1988 г. допускают увеличение норматива тормозного пути на 10%.

Основные параметры АТС при торможении изображены на тормозной диаграмме (рис. 1), которая представляет собой зависимость замедления АТС  $j$  от времени торможения  $\tau$  [4, 6].

Таблиця 1

Параметры торможения АТС

Тип АТС	Категория АТС (тягача)	Тормозной путь $S_T$ для начальной скорости торможения $V_0$ , не более, м	
		$V_0=40$ км/час	$V_0 \neq 40$ км/час
Одиночные	$M_1$	14,7	$V_0 \times (0,10 + V_0/150)$
	$M_2, M_3, N_1, N_2$	18,3	$V_0 \times (0,15 + V_0/130)$
	$N_3$	19,5	$V_0 \times (0,18 + V_0/130)$
Автопоезда	$M_1$	16,6	$V_0 \times (0,15 + V_0/150)$
	$N_1, N_2, N_3$	19,5	$V_0 \times (0,18 + V_0/130)$

Таблиця 2

Значения параметров АТС

Наименование АТС	Категория АТС	$\dot{j}_{уст}$ , м/с <sup>2</sup>	$V_0$ , м/с	$\tau_{ср}$ , с
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	$M_1$	5,8	11,1	0,6
	$M_2, M_3$	5,0		0,8
Легковые автомобили с прицепом	$M_1$	5,0	11,1	0,6
Грузовые автомобили	$N_1, N_2, N_3$	4,5		0,8

Как следует из методики испытаний, установленное замедление и время срабатывания определяют как среднее арифметическое по результатам двух торможений (в противоположных направлениях) округленное до десятых частей, по результатам двух торможений

$$\bar{j}_{уст} = (j_{уст1} + j_{уст2})/2; \quad (2)$$

$$\bar{\tau}_3 = (\tau_{31} + \tau_{32})/2; \quad (3)$$

$$\bar{\tau}_H = (\tau_{H1} + \tau_{H2})/2. \quad (4)$$

Эти входные величины должны характеризоваться каждая двумя видами неопределенности: стандартной неопределенностью типа А, найденной как СКО среднего арифметического двух наблюдений и неопределенностью типа В, которая находится через границы систематической погрешности в предположении равномерного распределения ее внутри границ.

Ввиду малого числа наблюдений, оценки стандартной неопределенности типа А входных величин будут ненадежными и в этом случае их лучше определять через СКО сходимости, найденное по типу В исходя из требования [1], что относительная разница между любым измеренным значением и их средним  $\delta$  не должна быть больше, чем 10%. Поэтому, в соответствии с [7]:

$$u(\bar{j}) = \frac{2 \cdot \delta \cdot \bar{j}}{2,77 \cdot 100} = 0,00722 \cdot \bar{j}; \quad (5)$$

$$u(\bar{\tau}_3) = 0,00722 \cdot \bar{\tau}_3; \quad (6)$$

$$u(\bar{\tau}_H) = 0,00722 \cdot \bar{\tau}_H. \quad (7)$$

В соответствии с [1] погрешность измерения не должна превышать при определении: начальной скорости торможения  $\theta_V = 1,5$  км/ч = 0,42 м/с; времен срабатывания тормозной системы, запаздывания и нарастания  $\theta_{ср} = \theta_3 = \theta_H = 0,01$  с; установленного замедления  $\gamma_{уст} = 4,0$  % (приведенная погрешность).

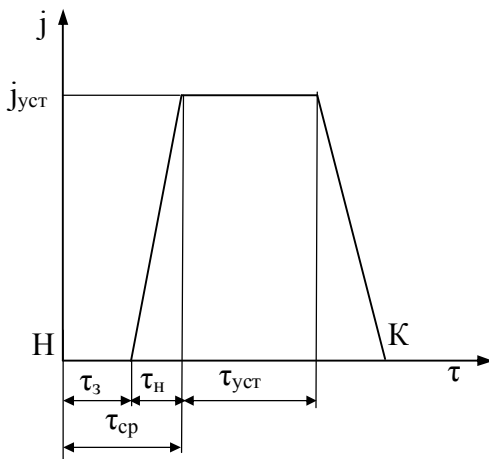


Рис. 1. Тормозная диаграмма:

$\tau_3, \tau_H, \tau_{уст}$  и  $\tau_{ср}$  – времена запаздывания тормозной системы, нарастания замедления, торможения с установившимся замедлением и срабатывания тормозной системы соответственно;  $\dot{j}_{уст}$  – установившееся замедление АТС; Н и К – начало и конец торможения соответственно

**2. Алгоритм оценивания неопределенности измерений тормозного пути автотранспортного средства.** В общем случае модельное уравнение для нахождения тормозного пути будет иметь следующий вид [1, 6]:

$$S_T = \frac{V_0}{3,6} (\tau_3 + 0,5\tau_H) + \frac{V_0^2}{26j_{уст}},$$

или, при выражении  $V_0$  непосредственно в м/с:

$$S_T = V_0 (\tau_3 + 0,5\tau_H) + \frac{V_0^2}{2j_{уст}}. \quad (1)$$

Значения входных величин взяты из [6] и представлены в табл. 2.

Поэтому стандартные неопределенности типа В в предположении равномерного закона распределения входных величин будут определяться как:

$$u_B(V_0) = \theta_V / \sqrt{3}; \quad (8)$$

$$u_B(j_{уст}) = \gamma_{уст} \cdot j_{max} / (100\sqrt{3}); \quad (9)$$

$$u_B(\tau_3) = \theta_3 / \sqrt{3}; \quad (10)$$

$$u_B(\tau_H) = \theta_H / \sqrt{3}. \quad (11)$$

Бюджет неопределенности косвенного измерения тормозного пути автотранспортного средства представлен в табл. 3.

Таблица 3

Бюджет неопределенности измерения тормозного пути АТС

Входная величина	Оценка входной величины	Стандартная неопределенность	Закон распределения	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности
$V_0$	$\hat{V}_0$	(8)	равномерный	(12)	$c_0 \cdot u(V_0)$
$j_{уст}$	(2)	(5)	нормальный	(13)	$c_j \cdot u(\bar{j}_{уст})$
		(9)	равномерный		$c_j \cdot u_B(j_{уст})$
$\tau_3$	(3)	(6)	нормальный	(14)	$c_3 \cdot u(\bar{\tau}_3)$
		(10)	равномерный		$c_3 \cdot u_B(\tau_3)$
$\tau_H$	(4)	(7)	нормальный	(15)	$c_H \cdot u(\bar{\tau}_H)$
		(11)	равномерный		$c_H \cdot u_B(\tau_H)$
Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределенность	Вероятность	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность U
$S_T$	(1)	(17)	0,95	k	(18)

Коэффициенты чувствительности  $c_i$  находятся как частные производные выходной величины по каждой из входных величин, оцененные при значениях входных величин:

$$c_0 = (\tau_3 + 0,5\tau_H) + \frac{V_0}{j_{уст}}; \quad (12)$$

$$c_j = \frac{V_0^2}{2j_{уст}^2}; \quad (13)$$

$$c_3 = V_0; \quad (14)$$

$$c_H = \frac{V_0}{2}. \quad (15)$$

Вклад неопределенности  $u_i(y)$  каждой входной величины в неопределенность измеряемой величины определяют как произведение коэффициента чувствительности  $c_i$  на неопределенность входной величины  $u(x_i)$ :

$$u_i(S_T) = c_i u(x_i). \quad (16)$$

Так как входные величины некоррелированы, то стандартная суммарная неопределенность измеряемой величины будет определяться из следующего выражения:

$$u^2(S_T) = c_0^2 u^2(V_0) + c_j^2 u^2(\bar{j}_{уст}) + c_3^2 u_B^2(j_{уст}) + c_3^2 u^2(\bar{\tau}_3) + c_H^2 u_B^2(\tau_3) + c_H^2 u^2(\bar{\tau}_H) + c_H^2 u_B^2(\tau_H). \quad (17)$$

Расширенная неопределенность вычисляется по формуле:

$$U(S_T) = k \cdot u_c(S_T), \quad (18)$$

где k – коэффициент охвата, определяемый законом распределения и измеряемой величины, который, в свою очередь, зависит от законов распределения и значений вкладов неопределенностей входных величин. В качестве примера в табл. 4 приведен бюджет неопределенности измерения тормозного пути для АТС типа М1.

Анализ табл. 4 показывает, что наибольший вклад в неопределенность измерений тормозного пути вносят погрешность измерения начальной скорости и установившегося замедления.

С учетом [8] коэффициент охвата для этого случая будет равен 1,92, а расширенная неопределенность – 1,3 м.

Бюджет неопределенности измерения тормозного пути АТС категории М<sub>1</sub>

Входная величина	Оценка входной величины	Стандартная неопределенность	Закон распределения	Коэффициент чувствительности	Вклад неопределенности
$V_0$	11,1 м/с	0,241 м/с	равномерный	2,2 с	0,53 м
$j_{уст}$	6 м/с <sup>2</sup>	0,0433 м/с <sup>2</sup>	нормальный	1,71 с <sup>2</sup>	0,074 м
		0,226 м/с <sup>2</sup>	равномерный		0,39 м
$\tau_3$	0,1 с	0,0072 с	нормальный	11,1 м/с	0,08 м
		0,00577 с	равномерный		0,064 м
$\tau_H$	0,5	0,0361 с	нормальный	5,56 м/с	0,2 м
		0,00577 с	равномерный		0,032 м
Выходная величина	Оценка выходной величины	Суммарная стандартная неопределенность	Вероятность	Коэффициент охвата	Расширенная неопределенность U
$S_T$	14,15 м	0,7 м	0,95	1,92	1,3 м

### Выводы

1. Рассмотрены нормативные основы измерения тормозного пути автотранспортных средств и методика выполнения испытаний.
2. Представлен алгоритм оценивания неопределенности измерений тормозного пути автотранспортного средства, составлен бюджет неопределенности.
3. На основе примера оценивания неопределенности проанализированы вклады неопределенности, выявлены доминирующие составляющие.

### Список литературы

1. ДСТУ 3649-2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги безпеки до технічного стану та методи контролювання.
2. Закон України №1765-IV "Про внесення змін до Закону України "Про метрологію та метрологічну діяльність"" від 15.06.04.
3. Жарко Ю.Г. Испытания автотранспорта: стандартизация, сертификация, оценивание неопределенности измерений / Ю.Г. Жарко // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 6. – С. 52–57.

мації: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2008. – Вып. 4 (71). – С. 108-111.

4. ДСТУ 2886-94 Автотранспортні засоби. Гальмівні властивості. Терміни та визначення.
5. ДСТУ 2919-94 Автотранспортні засоби. Гальмівні системи. Терміни та визначення.
6. ГОСТ Р 51709-2001 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки.
7. ISO 5725-6:1994. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 6: Use in practice of accuracy values.
8. Захаров И.П. Расчет коэффициента охвата для нормально и равномерно распределенных составляющих неопределенности / И.П. Захаров // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 6. – С. 52–57.

Поступила в редколлегию 13.01.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.П. Мачехин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина.

### ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Ю.Г. Жарко, І.П. Захаров, С.М. Сакало

Розглянуто методику проведення випробувань та особливості обробки результатів вимірювань під час визначення гальмівного шляху автотранспортних засобів з оцінюванням невизначеності вимірювань. Наведено приклад оцінювання невизначеності вимірювань гальмівного шляху.

**Ключові слова:** автотранспортний засіб, гальмівний шлях; невизначеність вимірювань.

### EVALUATION OF THE MEASURING UNCERTAINTY IN THE TIME OF BRAKING DISTANCE TESTS FOR MOTOR VEHICLES

Yu.G. Zharko, I.P. Zakharov, S.N. Sakalo

The method of testing and specifics of processing of measurement results in the time of determining the braking distance of vehicles from the estimation of measurement uncertainty are examination. An example of measurement uncertainty evaluation of braking distance is giving.

**Keywords:** vehicle, the braking distance, uncertainty in measurement.