

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЕЙ

Подригало М. А.<sup>1</sup>, Тарасов Ю. В.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

**Аннотация.** В работе проведено исследование актуальных задач, которые повышают технический уровень автотранспортных средств и безопасность движения путем обеспечения функциональной стабильности тормозных свойств за счет разработки методов построения нормативной базы ее оценивания. В настоящей статье предложены показатели и критерии функциональной стабильности тормозных свойств автотранспортных средств, позволяющие прогнозировать их ухудшение в процессе эксплуатации. В качестве примера приведена оценка функциональной стабильности тормозных свойств автомобилей категории М<sub>1</sub>.

**Ключевые слова:** функциональная стабильность, тормозная система, испытание автомобилей, надежность системы, стандарт.

### Введение

Стабильность величин моментов, создаваемых тормозными механизмами, оказывает влияние не только на величину тормозного пути, но и на устойчивость колёсной машины. Неравномерность тормозных моментов на колёсах различных бортов приводит к появлению дополнительного момента, разворачивающего машину в плоскости дороги. Выполнение наиболее жёстких требований международных и национальных стандартов по эффективности торможения автотранспортных средств неразрывно связано с необходимостью повышения энергоёмкости тормозных механизмов. Чрезмерный нагрев тормозных механизмов приводит к уменьшению коэффициента трения  $\mu$  фрикционных поверхностей и повышенному износу фрикционных накладок. Следует отметить, что не все применяемые в автотранспортных средствах типы тормозных механизмов могут обеспечить равномерное распределение генерируемого тепла по поверхностям трения. В дисковом тормозе есть возможность согласования износных характеристик фрикционных материалов, закона распределения контактных давлений со скоростью скольжения и формой фрикционных накладок, что даёт возможность получить более равномерное распределение температуры по поверхностям трения. Нестабильность распределения тормозных сил между бортами или колёсами одной оси, как уже отмечалось выше, приводит к появлению поворачивающего момента и заносу машины. Нестабильность распределения тормозных сил между осями может привести к опасности опережающего блокирования задних колёс, что, в

конечном счёте, также приводит к заносу машины. Нестабильность характеристик регулятора тормозных сил может привести к появлению опережающего блокирования задних колёс при экстренном торможении колёсной машины и заносу автомобиля. Причиной появления дорожно-транспортных происшествий с участием автотранспортных средств является нестабильность их тормозных свойств.

Нестабильность показателей тормозных свойств автомобилей оказывает существенное влияние на безопасность движения. Для оценки функциональной стабильности тормозных свойств автотранспортных средств (АТС) необходимо регламентировать не только нормативные показатели эффективности торможения новых машин и машин, находящихся в эксплуатации, но и скорость их изменения по функциям пробега.

В настоящей статье предложены показатели и критерии функциональной стабильности тормозных свойств АТС на основе ранее проведенных исследований и существующих нормативных требований. В качестве примера приведена оценка функциональной стабильности тормозных свойств автомобилей категории М<sub>1</sub>.

### Анализ публикаций

Высокая эффективность и стабильность процесса торможения АТС имеет большое значение для обеспечения безопасности движения. Требования общества к ужесточению показателей эффективности торможения (установившегося замедления) постоянно возрастают. Законодатели указанные требования отслеживают и периодически изменя-

ют нормативы. Кибернетический подход к развитию требований по эффективности торможения АТС позволил автору работы [1] предложить закон, позволяющий оценить изменение во времени требований общества к минимально допустимому установившемуся замедлению:

$$[j_{уст}] = j_{max} [1 - \exp(-B\lambda)], \quad (1)$$

где  $[j_{уст}]$  – максимально возможное замедление, обусловленное сцепными свойствами АТС:

$$j_{max} = \varphi_{max} g; \quad (2)$$

$\varphi_{max}$  – максимальный коэффициент сцепления колес с дорогой, определяемый по условиям проведения испытаний на сухом асфальтобетоне [2, 3]  $\varphi_{max} = 0,8$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ;  $B$  – коэффициент, зависящий от категории транспортного средства и типа тормозных испытаний;  $\lambda$  – относительное время:

$$\lambda = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2}, \quad (3)$$

где  $\Gamma_1$  – год, для которого рассматривается требуемое установившееся замедление;  $\Gamma_2$  – год, от которого условно ведется отсчет времени, принято  $\Gamma_2 = 1900$ ;  $\Gamma_3$  – год, от которого автором работы [1] был проведен ретроспективный анализ,  $\Gamma_3 = 2000$ .

Для испытаний «Тип 0» в работе [4] определены значения коэффициента  $B$  для различных категорий АТС, которые приведены в табл. 1.

Следует отметить, что условия проведения тормозных испытаний новых АТС [5] предполагают полную загрузку машины (АТС при полной массе), в то время, когда тормозные испытания для АТС, находящихся в эксплуатации, регламентируют показатели как при полной массе, так и в снаряженном состоянии [5].

Сравнивая коэффициенты  $B$  и  $B_d$ , можно сделать вывод о том, что требования к эффективности торможения АТС, находящихся в эксплуатации, нарастают с меньшей интенсивностью, чем требования к новым машинам, вступающим в эксплуатацию. Это подтверждает график, представленный на рис. 1 [1, 4].

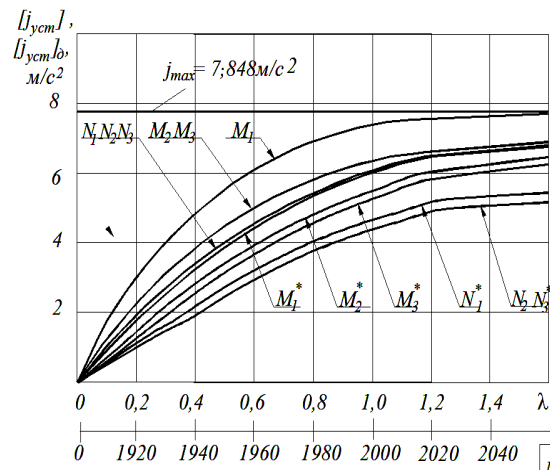


Рис. 1. Изменение требований общества к эффективности торможения АТС при испытаниях «Тип 0»: – для новых машин; \* – для машин, находящихся в эксплуатации

Стандарты, регламентирующие требования к тормозным свойствам АТС на этапе выпуска с конвейера фирмы-производителя, определяют технический уровень изделия [6]. Технический уровень изделия определяют также и показатели надежности, значения которых обязательно указываются в технических условиях (ТУ) на каждую модель автомобиля при подготовке последней к выпуску.

Таблица 1 – Значения коэффициента  $B$

Категория АТС	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$N_1$	$N_2$	$N_3$
$B$	2,622	1,823	1,823	1,501	1,501	1,501

Стандарты на тормозные свойства АТС, находящихся в эксплуатации [7, 8], фактически определяют границу параметрического отказа. Указанные в них нормативы являются критериями надежности автомобилей по показателям тормозных свойств. При достижении границы параметрического отказа не допускается дальнейшая эксплуатация АТС.

В табл. 2 приведены значения коэффициента  $B = B_d$  для различных категорий АТС, находящихся в эксплуатации [4]

Международные стандарты ЕЭК ООН [3, 9] при оценке тормозных свойств АТС регламентируют одни и те же предельные показатели (нормативы или критерии оценки) как для новых машин, так и для автомобилей, находящихся в эксплуатации.

Таблица 2 – Значения коэффициента  $B = B_d$ 

Категория АТС	$B_d$	
	Полная загрузка	Снаряженное АТС
$M_1$	1,428	1,802
$M_2$	1,231	1,418
$M_3$	1,182	1,149
$N_1$	0,929	1,237
$N_2$	0,844	1,217
$N_3$	0,844	1,326

На наш взгляд, это некорректно, т.к. при оценке качества АТС и их надежности в отношении торможения исключается такой важный показатель, как функциональная стабильность.

### Цель и постановка задач

Целью исследования является повышение технического уровня автотранспортных средств и безопасности движения путем обеспечения функциональной стабильности тормозных свойств за счет разработки методов построения нормативной базы ее оценивания.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить понятие функциональной стабильности тормозных свойств АТС;
- разработать метод оценки функциональной стабильности тормозных свойств АТС;
- провести оценку функциональной стабильности тормозных свойств на примере АТС категории  $M_1$ .

### Определение понятия функциональной стабильности тормозных свойств АТС

Под стабильностью понимается устойчивость, прочность, насыщенность, длительное сохранение определенного состояния или уровня [10]. Никакой материальный комплекс не может быть абсолютно надежен, но главным условием адекватности функционирования технического изделия (системы) является стабильность [11]. Стабильность материального комплекса достигается в случае, когда изменения последнего, которые в критических условиях привели бы к невозможности эффективного функционирования, позволяют осуществить желаемое действие [11]. Стабильность, в широком смысле слова, – это состояние равновесия, соответствующее критериям функционирования объекта [11].

Объектом исследования в теории функциональной стабильности, в отличие от теории надежности, является не отказ, а скорость

изменения параметров автомобиля в процессе эксплуатации.

Если надежность характеризует переход объекта из работоспособного состояния в неработоспособное, то функциональная стабильность обеспечивает требуемый уровень выходных характеристик объекта в работоспособном состоянии. По аналогии с определением понятия надежности, приведенным в работе [12], можно дать следующее определение функциональной стабильности объекта: «Функциональная стабильность – это свойство объекта сохранять постоянными во времени все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации». Объектом рассмотрения в теории надежности является отказ, а в теории функциональной стабильности – скорость изменения во времени параметров, определяющих состояние объекта. Поэтому для оценки функциональной стабильности технических систем удобно пользоваться методом теории чувствительности.

Показатели тормозных свойств новых АТС должны иметь запас на функциональную нестабильность. Этот запас должен быть «израсходован» в процессе эксплуатации при выполнении ресурсного пробега автомобиля. Поэтому, как уже отмечалось, объектом рассмотрения должна являться скорость изменения показателей эффективности торможения (тормозного пути  $S_T$  или установившегося замедления  $j_{уст}$ ) от времени или пробега. Состояние объекта в зависимости от результатов оценки функциональной стабильности тормозных свойств может быть либо стабильное, либо нестабильное.

### Метод оценки функциональной стабильности тормозных свойств АТС

Рассмотрим функциональную стабильность тормозных свойств автомобилей с использованием в качестве критерия установившегося замедления  $j_{уст}$ . Нет смысла использовать тормозной путь  $S_T$ , который зависит как от установившегося замедления  $j_{уст}$ , начальной скорости торможения  $V_0$ , так и от времени  $t_{ср}$  срабатывания тормозной системы. Стабильность показателя  $t_{ср}$  требует отдельного исследования.

На этапе предварительного проектирования АТС необходимо учитывать изменение требований общества к минимально допустимому установившемуся замедлению машины.

При этом необходимо задаваться следующими параметрами, определяющими

функциональную стабильность тормозных свойств проектируемого АТС:

$$\bar{L}_Г = \frac{L_K}{C_{сл}}, \quad (4)$$

где  $L_K$  – пробег автомобиля до капитального ремонта, либо до снятия с эксплуатации, тыс. км;  $C_{сл}$  – срок службы автомобиля, лет;  $\Gamma_H$  – год начала серийного выпуска автомобиля;  $\bar{L}_Г$  – среднегодовой пробег автомобиля, тыс. км/год.

Средняя за срок службы автомобиля скорость падения установившегося замедления АТС, определяемая потребностью общества, может быть определена с помощью уравнения [1]:

$$\left( \frac{dj_{уст}}{dL_{П}} \right) = \frac{[j_{уст}] - [j_{уст}]_д}{L_K} = \frac{j_{max}}{L_K} \left\{ [1 - \exp(-B\lambda_H)] - [1 - \exp(-B_d\lambda_K)] \right\}, \quad (5)$$

где  $[j_{уст}]_д$  – требования общества к минимально допустимому замедлению АТС по условиям возможности дальнейшей эксплуатации:

$$[j_{уст}]_д = j_{max} [1 - \exp(-B_d\lambda_K)], \quad (6)$$

где  $\lambda_H$  – относительное время, соответствующее началу серийного производства АТС:

$$\lambda_H = \frac{\Gamma_H - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2} = \frac{\Gamma_H - 1900}{100}, \quad (7)$$

где  $\lambda_K$  – относительное время, соответствующее завершению эксплуатации объекта, выпущенного при  $\lambda = \lambda_H$ :

$$\lambda_K = \frac{\Gamma_K - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2} = \frac{\Gamma_H + C_{сл} - 1900}{100} \quad (8)$$

Уравнение (5) с учетом соотношений (2), (7) и (8) примет вид:

$$\left( \frac{d\bar{j}_{уст}}{dL_{П}} \right) = \frac{\Phi_{max} g}{L_K} \exp(-B\lambda_H) \times \left\{ \exp\left(-B_d \frac{C_{сл}}{100}\right) \cdot \exp[-\lambda_H(B - B_d)] - 1 \right\} \quad (9)$$

Относительное изменение требуемого установившегося замедления автомобиля за один срок службы:

$$\delta j_{уст} = \frac{[j_{уст}] - [j_{уст}]_д}{[j_{уст}]} = 1 - \frac{[j_{уст}]_д}{[j_{уст}]}. \quad (10)$$

После подстановки уравнений (1) и (6) в соотношение (10) получим:

$$\delta j_{уст} = \frac{\exp\left[-B\left(\lambda_H + \frac{C_{сл}}{100}\right)\right] - \exp(-B\lambda_H)}{1 - \exp(-B\lambda_H)}. \quad (11)$$

Следует отметить, что при подстановке параметров  $\lambda_H$  и  $\lambda_K$  в выражение (9) и (11) мы предполагали непродолжительный срок производства конкретной модели АТС. В этом случае длительностью выпуска  $D_{вып}$  (в годах) можно пренебречь. При значительных величинах  $D_{вып}$  величина  $\lambda_H$  должна соответствовать относительному времени выпуска первой машины данной модели, а  $\lambda_K$  – времени снятия с эксплуатации последней машины данной модели. В этом случае вместо  $C_{сл}$  в уравнениях (8) и (11) нужно принимать

$$C'_{сл} = C_{сл} + D_{вып}. \quad (12)$$

На рис. 2 приведены графики зависимости  $\delta j_{уст}(\lambda_H)$  для различных категорий АТС при  $C'_{сл} = 9$  лет.

Анализ графиков, приведенных на рис. 2, показывает, что с увеличением года начала выпуска АТС, характеризуемого показателем  $\lambda_H$ , для категории N происходит увеличение требуемого запаса по установившемуся замедлению  $\delta j_{уст}$ . Для категории M<sub>1</sub>, наоборот, происходит уменьшение  $\delta j_{уст}$ .

Для категорий M<sub>2</sub> и M<sub>3</sub> в интервале  $\lambda_H$ , равном [1,0; 1,5], вначале происходит незначительное увеличение  $\delta j_{уст}$ , а затем настолько же незначительное снижение указанного показателя.

При  $\lambda_H = 1,0$  и  $\lambda_H = 1,5$  значение  $\delta j_{уст}$  примерно одинаково. Максимум функции  $\delta j_{уст}(\lambda_H)$  для АТС категорий M<sub>2</sub> и M<sub>3</sub> реализуется при  $\lambda_H \approx 1,2$  (в 2020 г.).

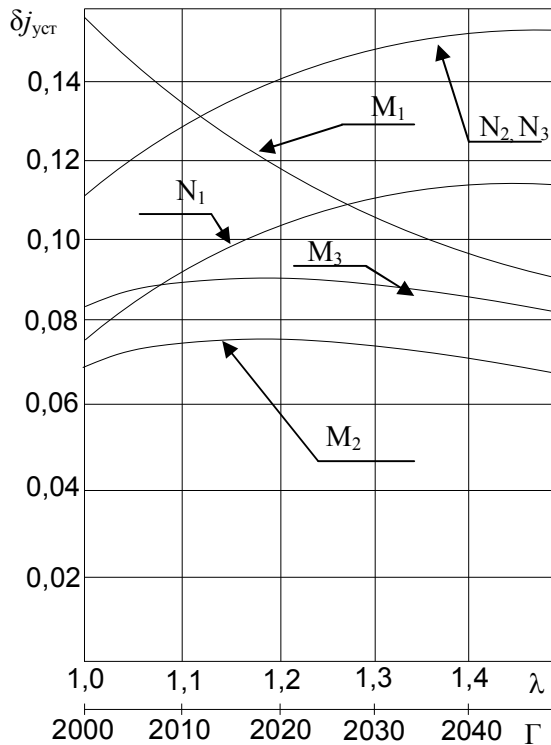


Рис. 2. Требуемый запас по установившемуся замедлению для вновь проектируемых АТС различных категорий

В табл. 3 приведен расчет показателя  $\delta j_{уст}$  для различных категорий АТС на основании стандартов [7, 9], регламентирующих минимально допустимое значение  $\delta j_{уст}$  при испытаниях Тип 0 с отсоединенным двигателем и при полной массе машины.

Таблица 3 – Допустимое относительное снижение установившегося замедления автомобиля при испытаниях Тип 0 с отключенным двигателем и при полной массе машины

Состояние АТС	Категория АТС					
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>3</sub>
Новое АТС [ $\delta j_{уст}^H$ ], м/с <sup>2</sup> (*)	5,8	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Снимаемые с эксплуатации АТС [ $\delta j_{уст}^Э$ ], м/с <sup>2</sup> (*)	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	4,3
$\delta j_{уст}^H$ (*)	0,13	0	0	0	0,1	0,14

\*) – нормативные значения минимально допустимого замедления машин и его снижение в процессе эксплуатации.

Очевидно, что требуется пересмотр нормативных показателей эффективности торможения для указанных категорий АТС.

Анализ результатов расчета, представленных в табл. 3, показывает, что запас на функциональную нестабильность тормозных свойств автомобилей категорий M<sub>1</sub>; N<sub>2</sub> и N<sub>3</sub> находится в пределах от 10 % до 14 %. Для автомобилей категорий M<sub>2</sub>; M<sub>3</sub> и N<sub>1</sub> указанный запас не предусмотрен.

**Оценка функциональной стабильности тормозных свойств АТС категории M<sub>1</sub>.**

В работе [4] проведена обработка результатов экспериментальных исследований изменения эффективности торможения легковых автомобилей (АТС категории M<sub>1</sub>) в зависимости от их пробега, проведенных проф. Говорушенко Н. Я. и доц. Рабиновичем Э. Х. (ХАДИ) в 1978 году.

Получена эмпирическая зависимость для определения математического ожидания величины установившегося замедления:

$$j_{уст} = m'_j = [j_{уст}]_A \exp(-K_L \cdot L_{\Pi}), \quad (13)$$

где  $[j_{уст}]_A$  – требуемое обществом значение установившегося замедления для новых автомобилей выпуска 1978 года (год начала проведения экспериментальных исследований)  $[j_{уст}]_A = 6,671 \text{ м/с}^2$ ;

$K_L$  – коэффициент корреляции, принятый равным  $0,089 \cdot 10^{-3} \text{ 1/тыс.км}$ .

В таблице 4 приведены результаты экспериментального определения  $m_j$  по аппроксимирующей зависимости (13).

Относительное уменьшение установившегося замедления автомобилей категории M<sub>1</sub> (табл. 4):

$$\delta j_{уст} = \frac{6,671 - 6,466}{6,671} = 0,03. \quad (14)$$

Средняя скорость уменьшения установившегося замедления при пробеге  $L_{\Pi} = 350 \text{ тыс. км ((м/с}^2\text{)/тыс.км)}$ :

$$\left( \frac{d j_{уст}}{d L_{\Pi}} \right) = \frac{6,671 - 6,466}{350} = 0,585 \cdot 10^{-3}. \quad (15)$$

Таблица 4 – Параметры  $m_j$  и  $m'_j$ , полученные по результатам исследований проф. Говорущенко Н. Я. и доц. Рабиновича Э. Х. [4]

$L_p$ , тыс. км	0	50	100	150	200	250	300	350
$m_j$ , м/с <sup>2</sup>	6,592	6,526	6,526	6,460	6,466	6,466	6,466	6,466
$m'_j$ , м/с <sup>2</sup>	6,671	6,641	6,611	6,582	6,553	6,524	6,495	6,466
Погреш. аппроксимации $\delta m_j, \%$	-1,2	-1,7	-1,3	-1,8	-1,3	-0,9	-0,4	0

### Выводы

1. Для оценки показателей тормозных свойств АТС, вступающих в эксплуатацию, и АТС, находящихся в эксплуатации, должны использоваться различные нормативы. Для новых автомобилей необходимо создать запас на нестабильность установившегося замедления, постепенно расходуемый в процессе эксплуатации ввиду ухудшения технического состояния.

2. Определение понятия функциональной стабильности тормозных свойств АТС позволило предложить метод ее оценки. Предложенные показатели средней за срок службы автомобиля скорости падения установившегося замедления и относительного падения установившегося замедления за этот же срок могут использоваться для нормирования стабильности тормозных свойств АТС.

3. Проведенная оценка минимально допустимых средних установившихся замедлений, регламентируемых государственными стандартами Украины, с использованием предложенных показателей позволила определить, что АТС категорий  $M_1$ ;  $N_2$  и  $N_3$  должны иметь запас по нормативным замедлениям, находящийся в пределах от 10 % до 14 %. Для автомобилей  $M_2$ ;  $M_3$  и  $N_1$  необходимо либо повысить уровень нормативных значений для новых машин, либо понизить указанный уровень для АТС, находящихся в эксплуатации.

### Литература

1. Волков В. П. Кибернетический подход к формированию тормозных свойств автотранспортных средств. *Механика и машиностроение*. 2001. № 2. С. 84–88.

- Гредескул А. Б., Ломака С. И., Булгаков Н. А. Исследование динамики торможения автомобиля. Научное сообщение № 18. Харьков, 1962. 36 с.
- Единое предписание, касающееся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения. Правила ЕЭК ООН №13. Издательство ООН, 1973. 245 с.
- Подригало М. А., Волков В. П., Карпенко В. А. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин. Харьков, 2003. 614 с.
- Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Технические требования: ГОСТ 22895-77 – [Введен 01.01.81]. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 19 с.
- Федюкин В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции. М., 2004. 296 с.
- ДСТУ 3649:2010 Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. Київ, 2011. 42 с.
- ГОСТ 25478-91 Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки. М., 1993. 52 с.
- ДСТУ UN/ECE R 13-N-00:2002 Единое предписание, касающееся официального утверждения легковых автомобилей в отношении торможения. Национальный стандарт Украины. Киев, 2002. 125 с.
- Энциклопедический словарь. Часть 3. М., 1955. 744 с.
- Дитрик Я. Проектирование и конструирование. Системный подход. М., 1984. 454 с.
- Иванов А. С., Фадеев В. З., Решетов Д. Н. Надежность машин. М., 1988. 238 с.

### References

- Volkov V. P. (2001) Kiberneticheskiy podhod k formirovaniyu tormoznykh svoystv avtotransportnykh sredstv [Cybernetic approach to the formation of inhibitory properties of motor vehicles]. *Mehanika i mashinostroenie*. 2. 84–88. [in Russian].
- Gredeskul A. B., Lomaka S. I., Bulgakov N. A. (1962) Issledovanie dinamiki tormozheniya avtomobilya [Investigation of the dynamics of braking of a car.]. *Nauchnoe soobschenie 18. Harkov* [in Russian].
- Edinoobraznoe predpisanie, kasayushiesya ofitsialnogo utverzhdeniya transportnykh sredstv v otnoshenii tormozheniya. *Pravila EEK OON 13. [Uniform provision concerning the approval of vehicles with regard to braking. UNECE Regulation No. 13.] Izdatelstvo OON, 1973. [in Russian].*
- Podrigalo M. A., Volkov V. P., Karpenko V. A. (2003) Stabilnost ekspluatatsionnykh svoystv kolesnykh mashin. [Stability of operational properties of wheeled vehicles] *Harkov*. [in Russian].
- Tormoznyie sistemyi i tormoznyie svoystva avtotransportnykh sredstv. *Tehnicheskie trebovaniya: GOST 22895-77 [Braking systems and braking*

- properties of vehicles. Technical requirements: GOST 22895-77] – [Vveden 01.01.81].–М.; Izd-vo standartov, 1986. [in Russian].
6. Fedyukin V. K. (2004) Osnovy kvalimetrii. Upravlenie Kachestvom produktsii. [Fundamentals of qualimetry. Product Quality Management ] [in Russian].
  7. DSTU 3649:2010 KollsnI transportnI zasobl . Vimogi schodo bezpechnostI tehnlchnogo stanu ta metodi kontrolyuvannya. [DSTU 3649: 2010 Number of vehicles. Vimogi, without any security, will become a technical method of control] (Kiyiv, 2011). [in Ukrainian]
  8. GOST 25478-91 Avtotransportnyie sredstva. Trebovaniya k tehničeskomu sostoyaniyu po usloviyam bezopasnosti dvizheniya. Metody proverki. [GOST 25478-91 Motor vehicles. Requirements for the technical condition for traffic safety conditions. Verification Methods.] (Moskva, 1993). [in Russian].
  9. DSTU UN/ECE R 13-H-00:2002 Edinoobraznyie predpisaniya, kasayuschiesya ofitsialnogo utverzhdeniya legkovyih avtomobiley v otnoshenii tormozheniya. Natsionalnyiy standart Ukrainyi. [DSTU UN / ECE R 13-H-00: 2002 Uniform provisions concerning the approval of cars with regard to braking. National Standard of Ukraine] (Kiyiv, 2002). [in Ukrainian]
  10. Entsiklopedicheskiy slovar. Chast 3.[ Encyclopedic dictionary. Part 3] (Moskva, 1955.)
  11. Ditrik Ya. (1984) Proektirovanie i konstruirovanie. Sistemnyiy podhod. [Design and construction. Systems approach.] Moskva. [in Russian].
  12. Ivanov A. S., Fadeev V. Z., Reshetov D. N. (1988) Nadezhnost mashin. [Reliability of machine] Moskva, [in Russian].

**Подригало Михаил Абович<sup>1</sup>**, д.т.н., проф. каф. технологии машиностроения и ремонта машин, +38 050-301-16-58

e-mail: pmikhab@gmail.com

**Тарасов Юрий Владимирович<sup>1</sup>**, к.т.н., доц. каф. технологии машиностроения и ремонта машин, +38 050-548-17-62

e-mail: yuriy.ledd@gmail.com

<sup>1</sup>Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

### Визначення показників та критеріїв функціональної стійкості гальмівних властивостей автомобілів

**Анотація. Проблема.** У роботі проведено дослідження актуальних завдань, які підвищують технічний рівень автотранспортних засобів і безпеку руху шляхом забезпечення функціональної стабільності гальмівних властивостей за рахунок розробки методів побудови нормативної бази її оцінювання. У цій статті запропоновано показники і критерії функціональної стабільності гальмівних властивостей автотранспортних засобів, що дозволяють прогнозувати їх погіршення в процесі експлуатації. Як приклад наведе-

на оцінка функціональної стабільності гальмівних властивостей автомобілів категорії  $M_1$ . **Мета.** Метою дослідження є підвищення технічного рівня автотранспортних засобів і безпеки руху шляхом забезпечення функціональної стабільності гальмівних властивостей за рахунок розробки методів побудови нормативної бази її оцінювання. **Методика.** Аналітичні методи використовуються для вивчення показників та критеріїв функціональної стійкості гальмівних властивостей транспортних засобів, що дозволяють передбачити їх зношеність під час експлуатації. **Результати.** Як приклад дається оцінка функціональної стійкості гальмівних властивостей автомобілів категорії  $M_1$ . **Оригінальність.** Для нових автомобілів необхідно створити запас нестабільності стійкого уповільнення, яке поступово витрачається під час експлуатації через погіршення технічного стану. Визначення функціональної стійкості гальмівних властивостей транспорту дозволило запропонувати метод його оцінки. Запропоновано показники середнього показника падіння сповільненого стаціонарного руху для терміну служби транспортногo засобу та відносного падіння сповільненого стаціонарного руху за той самий період, які можуть бути використані для визначення стійкості гальмівних властивостей транспортногo засобу. **Практичне значення.** Проведена оцінка мінімально допустимих середніх сталих вповільнень, що регламентуються державними стандартами України, з використанням запропонованих показників дозволила визначити, що АТС категорій  $M_1$ ;  $N_2$  і  $N_3$  повинні мати запас по нормативних уповільненнях, що знаходяться в межах від 10 % до 14%. Для автомобілів  $M_2$ ;  $M_3$  і  $N_1$  необхідно або підвищити рівень нормативних значень для нових машин, або знизити зазначений рівень для АТС, що знаходяться в експлуатації.

**Ключові слова:** функціональна стабільність, гальмівна система, випробування автомобілів, надійність системи, стандарт.

**Подригало Михайло Абович<sup>1</sup>**, д.т.н., проф. каф. технології машинобудування і ремонту машин, тел. +38 050-301-16-58

e-mail: pmikhab@gmail.com

**Тарасов Юрій Володимирович<sup>1</sup>**, к.т.н., доц. каф. технології машинобудування і ремонту машин, тел. +38 050-548-17-62

e-mail: yuriy.ledd@gmail.com

<sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### Determining indicators and criteria for functional stability of brake properties of cars

**Abstract. Problem.** In the work, a study of urgent tasks that increase the technical level of vehicles and traffic safety by ensuring the functional stability of braking properties due to the development of methods for constructing the regulatory framework for its

assessment is conducted. This article proposes indicators and criteria for the functional stability of the braking properties of vehicles, allowing to predict their deterioration during operation. As an example, an assessment of functional stability of the braking properties of category  $M_1$  cars is given. **Goal.** The aim of the study is to increase the technical level of vehicles and traffic safety by ensuring the functional stability of braking properties by developing methods for constructing a regulatory framework for its assessment. **Methodology.** Analytical methods are used to study indicators and criteria for the functional stability of the braking properties of vehicles, allowing to predict their deterioration during operation. **Results.** As an example, an assessment of the functional stability of braking properties of category  $M_1$  cars is given. **Originality.** To assess the braking properties of vehicles that are in operation, various standards should be used. For new cars, it is necessary to create a stock for the instability of steady deceleration, which is gradually spent during operation due to the deterioration of the technical condition. The definition of the functional stability of the braking properties of transport allowed us to propose a method for its assessment. The indicators of the average steady-state deceleration fall rate for the vehicle's service life and the relative steady-state

deceleration drop over the same period are proposed that can be used to normalize the stability of the braking properties of the vehicle. **Practical value.** The assessment of the minimum acceptable average steady-state decelerations regulated by state standards of Ukraine, using the proposed indicators, allowed us to determine that the vehicles of categories  $M_1$ ;  $N_2$  and  $N_3$  should have a stock for regulatory slowdowns ranging from 10% to 14%. For cars  $M_2$ ;  $M_3$  and  $N_1$  either the level of standard values for new cars must be increased, or the specified level for exchanges in operation should be lowered.

**Key words:** functional stability, transport, brake system, car testing, system reliability, standard.

**Michael Podrigalo**<sup>1</sup>, doctor of technical sciences, Prof. Technologies of mechanical engineering and machine repair Department, +38 050-301-16-58  
e-mail: pmikhab@gmail.com

**Yuri Tarasov**<sup>1</sup>, Ph.D., Assoc. Prof. Technologies of mechanical engineering and machine repair Department, +38 050-548-17-62  
e-mail: yuriy.ledd@gmail.com

<sup>1</sup>Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.

---