

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ  
К ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

**Гецович Евгений Моисеевич**

доктор технических наук, профессор

Сумской национальный аграрный университет

ORCID: 0000-0003-4853-0839

email getchovich-e@ukr.net

**Подригало Михаил Абович**

доктор технических наук, профессор

Харьковский национальный автомобильно дорожный университет

ORCID: 0000-0002-1624-5219

email pmikhab@gmail.com

**Тарасов Юрий Владимирович**

кандидат технических наук, доцент

Харьковский национальный автомобильно дорожный университет

ORCID: 0000-0002-8254-7995

email pmikhab@gmail.com

*В данной статье рассмотрен метод прогнозирования требований общества к показателям тормозных свойств легковых автомобилей, который на этапе предварительного проектирования позволяет сохранить их высокий технический уровень на период проектирования, производства и срока службы изделия. Также в работе предложен для оценки уровня требований общества к тормозным свойствам автомобилей показатель – коэффициент тормозной динамичности  $q_{ТОРМ}$  позволили определить для автотранспортных средств категории М<sub>1</sub>, что при сегодняшних требованиях общества его величина близка к единице. Это означает, что при дальнейшем ужесточении требований нормативных документов величина их изменения будет соизмерима с погрешностью измерений при тормозных испытаниях.*

**Ключевые слова:** торможение, прогнозирование, индекс тормозной динамичности, требования общества, испытание автомобиля.

**Постановка проблемы.** Автотранспортные | средства (АТС) должны обеспечивать требуемые

показатели эффективности торможения не только в начале, но и в течение всего периода эксплуатации, при любом сочетании внешних воздействий и внутренних возмущений в тормозном управлении.

Нормативы эффективности торможения автотранспортных средств и методы проведения испытаний регламентируются международными и национальными стандартами [1, 2, 3, 4, 5]. Действующие на сегодняшний день в странах СНГ стандарты предусматривают в зависимости от категории АТС нормативы эффективности торможения (максимально допустимый тормозной путь и минимально допустимое установившееся замедление) при проведении испытаний.

Очевидно, что с течением времени тормозные системы АТС должны совершенствоваться и будут ужесточаться требования к показателям эффективности торможения. Однако требования стандартов не могут непрерывно изменяться на протяжении определенного времени. Они устанавливаются в конкретное время, имеют определенный срок действия и могут или опережать необходимый уровень требований, или отставать от них.

Нормативы эффективности торможения АТС являются выражением требования общества, на данном временном этапе зафиксированным в соответствующем документе (стандарте, технических условиях или регламентах). Правильный выбор значений нормативов эффективности, сроков их действия способствует повышению конкурентоспособности автомобилей на мировом рынке [6]. Следует отметить, что тот производитель, который способен прогнозировать развитие требования общества к тому или иному показателю эффективности торможения, имеет высокие шансы на успех.

### Анализ последних исследований и публикаций.

Изменению требований общества к тормозным свойствам в процессе развития конструкций автомобилей посвящаются работы [7-9]. Для оценки динамики изменения требований общества к тормозным свойствам автомобилей, на основе проведения ретроспективного анализа нормативных показателей, авторами работ [7-9] была предложена эмпирическая зависимость минимально допустимого установившегося замедления  $j_{ycm}$  в функции относительного времени  $\lambda$ , которая имеет следующий вид:

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

где  $j_{max}$  – максимально возможное замедление, обусловленное сцепными свойствами АТС,

Значение коэффициента  $B$  (величины, обратной постоянной времени в экспоненциальной зависимости). В таблице 1 приведены значения коэффициента  $B$  для различных категорий легковых автомобилей (АТС) и типов испытаний.

Введем понятие индекса тормозной динамичности автомобиля, разделив левую и правую часть уравнения (1) на  $j_{max}$

$$q_{ТОРМ} = \frac{[j_{ycm}]}{j_{max}} = 1 - \exp(-B\lambda). \quad (2)$$

Таблица 1. Значения коэффициента  $B$

Категория АТС	Коэффициент $B$		
	Тип 0	Тип I	Тип II
$M_1$	2,432	1,424	-
$M_2$	1,700	1,111	0,995
$M_3$	1,700	1,111	0,995

Для решения задачи прогнозирования уравнение (2) может быть преобразовано к виду

$$q_{ТОРМ} = 1 - \exp[-B(\lambda_0 + \Delta\lambda)]. \quad (3)$$

В таблице 2 приведены значения  $q_{ТОРМ}$  для АТС категорий  $M$  при различных значениях  $\Delta\lambda$ . На рис. 1 приведены графики зависимостей индекса тормозной

динамичности автомобиля  $q_{ТОРМ}(\Delta\lambda)$  для указанных категорий АТС.

Таблица 2. Прогнозируемые значения показателя  $q_{ТОРМ}$ .

Категория АТС	Тип испытаний	$\Delta\lambda$				
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
		$q_{ТОРМ}$				
$M_1$	0	0,956	0,956	0,973	0,979	0,983
	I	0,841	0,862	0,880	0,896	0,910
$M_2$	0	0,888	0,906	0,921	0,933	0,943
	I	0,761	0,786	0,810	0,829	0,847
	II	0,723	0,749	0,773	0,794	0,814
$M_3$	0	0,888	0,906	0,921	0,933	0,943
	I	0,761	0,786	0,810	0,829	0,847
	II	0,723	0,749	0,773	0,794	0,814

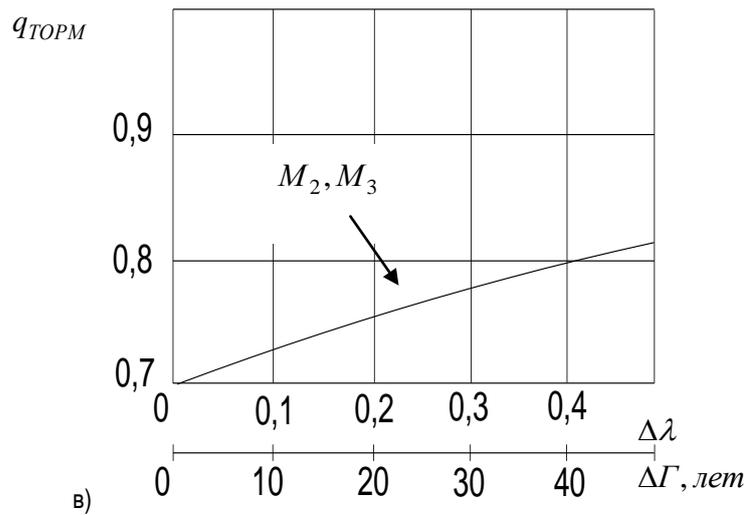
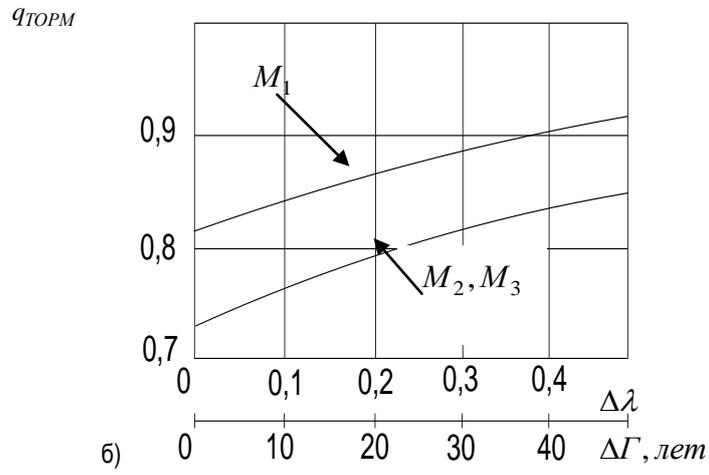
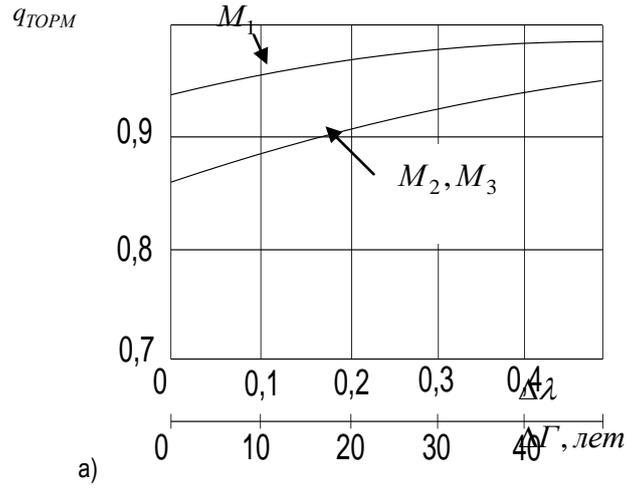


Рис. 1 Зависимость индекса тормозной динамичности автомобиля

$q_{ТОРМ}(\Delta\lambda)$  для категорий АТС  $M_1, M_2, M_3$

а – испытания Тип 0; б - испытания Тип I; в - испытания Тип II.

Для запасной тормозной системы для легкового автомобиля (АТС категории  $M_1$ ) в работе [10] определено  $B = 0,644$ . В таблице 3 приведены значения тормозного

индекса динамичности  $q_{ТОРМ}$  АТС категории  $M_1$  при различной глубине  $\Delta\lambda$  прогноза роста требований общества.

Таблица 3. Прогнозируемые значения показателя индекса тормозной динамичности  $q_{ТОРМ}$  для запасной тормозной системы автомобилей категории  $M_1$

$\Delta\lambda$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$q_{ТОРМ}$	0,564	0,591	0,617	0,641	0,663

График зависимости индекса тормозной динамичности  $q_{ТОРМ}(\Delta\lambda)$  для запасной тормозной системы автомобиля категории  $M_1$  приведен на рис. 2

Анализ результатов прогноза требований общества к эффективности торможения автомобилей запасной тормозной системой показал, что есть перспектива для их роста, поскольку величина  $q_{ТОРМ}$  не превышает величины 0,663 при глубине прогноза  $\Delta\lambda = 0,5$  (50 лет).

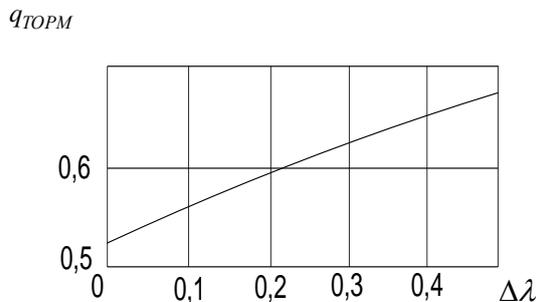


Рис. 2 Зависимость индекса тормозной динамичности  $q_{ТОРМ}(\Delta\lambda)$  для запасной тормозной системы автомобиля категории  $M_1$ .

В работе [10] предложен метод прогнозирования требований стандартов (минимально допустимого установившегося замедления  $[j_{уст}]$ ) к тормозным

свойствам АТС. Значение  $q_{ТОРМ} \leq 0,653$  дают возможность для реализации роста этих требований.

Совсем другая ситуация складывается с рабочей тормозной системой легковых автомобилей (см. таблицу 3). Величина  $q_{ТОРМ}$  для АТС категории  $M_1$  практически приблизилась к единице. Поскольку экспоненциальная зависимость не допускает  $q_{ТОРМ} = 1$  (эта величина является асимптотой), то возникает вопрос о целесообразности дальнейшего ужесточения нормативных требований по эффективности торможения АТС указанной категории. Изменение величины нормативного значения замедления автомобиля может оказаться меньше, чем погрешность измерения этой величины при экспериментальных исследованиях. Это лишний раз показывает, что необходимо согласовывать рост нормативных требований с повышением точности измерений замедления автомобиля при испытаниях.

**Выводы.** Таким образом, предложенный метод прогнозирования требований общества к показателям тормозных свойств легковых автомобилей на этапе предварительного проектирования позволяет сохранить их высокий технический уровень на период проектирования, производства и срока службы изделия. Предложенный для оценки уровня требований общества к тормозным свойствам автомобилей показатель – коэффициент тормозной динамичности  $q_{ТОРМ}$  позволили определить для АТС категории  $M_1$ , что при сегодняшних требованиях общества его величина близка к единице. Это означает, что при дальнейшем ужесточении требований нормативных

документов величина их изменения будет соизмерима с погрешностью измерений при тормозных испытаниях.

### Список использованной литературы:

1. Литвинов А.С., Беленький Ю.Ю., Азбель А.Б., Гринберг Н.С. Исследование управляемости и устойчивости трехосных автомобилей с различными приводами при круговом движении // Автомобильная промышленность. 1980.– № 9.– с. 6–19.
2. Носенков М.А. О безопасном повороте автомобиля // Автомобильная промышленность. 1980.– № 9.– с. 19–20.
3. Чудаков Д.А. Основы теории трактора и автомобиля. – М.: Сельхозиздат, 1962.– 312с.
4. Чудаков Е.А. Устойчивость автомобиля против заноса. – М. Машгиз, 1949.– 193с.
5. Pauly Axel. Lenkmaschine zur Untersuchund der Eahrdynamik von Krafftakrzeugen. "Automobiltechn. Z.", 1977, № 718, – с.307–310
6. Лаптев С. А. Комплексная система испытаний автомобилей: формирование, развитие, стандартизация. – Москва: Изд-во стандартов, 1991. – 172 с.
7. Маневренность и тормозные свойства колесных машин / [М.А.Подригало, В.П.Волков, В.И.Кирчатый, А.А.Бобошко]; под ред. М.А.Подригало. – Х.:ХНАДУ, 2003. –403с.
8. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / [М.А.Подригало, В.П.Волков,В.А.Карпенко, Е.М.Гецович, А.А.Бобошко, В.М.Ефимчук, А.Н.Матырин]; под ред. М.А. Подригало. – Х.:ХНАДУ, 2003. –403с.
9. Волков В.П. Формирование функциональной стабильности тормозных свойств колесных машин: дис. на получение научн. степени доктора техн. наук: спец. 05.22.02 / Волков Владимир Петрович. – Х.:ХНАДУ, 2005. – 368 с.
10. Квалиметрия, стандартизация и унификация тормозного управления колесных машин / [М.А. Подригало, В.П.Волков, Ю.В. Тарасов]; под ред. М.А. Подригало. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – 446 с.

*Podrigalo M., Sumy National Agrarian University (Ukraine)*

*Getsovich E., Kharkiv National Automobile and Highway University (Ukraine)*

*Tarasov Yu., Kharkiv National Automobile and Highway University (Ukraine)*

#### **Forecasting efficiency requirements brakes of cars**

*This article discusses a method for predicting society's requirements for the braking performance of cars, which at the preliminary design stage allows them to maintain their high technical level for the period of design, production and product life. Also in the work, an indicator is proposed to assess the level of society's requirements for the braking properties of cars - the coefficient of braking dynamism made it possible to determine for vehicles of category M1 that, with today's requirements of the company, its value is close to unity. This means that with further tightening of the requirements of regulatory documents, the magnitude of their change will be commensurate with the measurement error during braking tests.*

**Keywords:** *braking, forecasting, index of braking dynamism, society requirements, car test.*

Дата надходження до редакції: 04.11.2019



