

В.П. Волков¹, І.В. Грицук², В.П. Онищук³, Т.В. Волкова¹, Н.Г. Бережна⁴

Харківський національний автомобільно-дорожній університет¹

Херсонська державна морська академія²

Луцький національний технічний університет³

Харківський національний технічний університет сільського господарства⁴

ОЦІНКА СТАБІЛЬНОСТІ ГАЛЬМОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

У статті запропоновано підхід до оцінки зміни середнього усталеного уповільнення, який характеризує ефективність процесу гальмування транспортних засобів в умовах експлуатації. Відзначено, що умови проведення гальмівних випробувань досвідчених і серійних зразків транспортних засобів на заводі-виробнику передбачають повну їх завантаження. У той же час, при контролі технічного стану транспортних засобів, що знаходяться в експлуатації, раніше передбачалося проведення гальмівних випробувань як при повному завантаженні, так і в спорядженому стані. В останньому державному стандарті України обумовлюються нормативи ефективності гальмування автомобілів тільки в спорядженому стані, в чому проглядається певна неточність. Отримано графік залежності мінімально допустимого середнього усталеного уповільнення при контрольних перевірках від відносного часу. Виконано прогноз зміни нормативних вимог до ефективності гальмування легкових транспортних засобів (категорії М1) при повному завантаженні в залежності від відносного часу.

Ключові слова: транспортні засоби, категорії транспортних засобів, гальмівні властивості, ефективність гальмування, нормативи ефективності гальмування, середнє усталене уповільнення, умови експлуатації.

В.П. Волков¹, И.В. Грицук², В.П. Онищук³, Т.В. Волкова¹, Н.Г. Бережная⁴

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ТОРМОЗНОЙ СВОЙСТВА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В УМЕЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье предложено подход к оценке изменения среднего устойчивого замедления, который характеризует эффективность процесса торможения транспортного средства в условиях эксплуатации. Отмечено, что условия проведения тормозных испытаний опытных и серийных образцов транспортных средств на заводе-изготовителе предусматривают полную их загрузки. В то же время, при контроле технического состояния транспортных средств, что находятся в эксплуатации, ранее предусматривалось проведение тормозных испытаний как при полной загрузке, так и в снаряженном состоянии. В последнем стандарте Украины оговариваются нормативы эффективности торможения автомобилей только в снаряженном состоянии, в чем просматривается определенная неточность. Получено график зависимости минимально допустимого среднего устойчивого замедления при контрольных проверках от относительного времени. Выполнен прогноз изменения нормативных требований к эффективности торможения легковых транспортных средств (категория М1) при полной загрузке в зависимости от относительного времени.

Ключевые слова: транспортные средства, категории транспортных средств, тормозные свойства, эффективность торможения, нормативы эффективности торможения, Среднее установившееся замедление, условия эксплуатации.

V.P. Volkov¹, I.V. Gritsuk², V.P. Onishchuk³, T.V. Volkova¹, N.G. Berezhna⁴

EVALUATION OF STABILITY OF BRAKING PROPERTIES OF VEHICLES IN OPERATING CONDITIONS

The article proposes an approach to assessing the change in the average steady-state deceleration characterizing the efficiency of the braking process of vehicles under operating conditions. It is noted that the conditions for carrying out brake tests of prototypes and serial models of vehicles at the manufacturing plant provide for their full load. At the same time, when monitoring the technical condition of vehicles in operation, it was previously envisaged to conduct brake tests both at full load and in running order. The latest state standard of Ukraine stipulates the standards for the braking efficiency of cars only in the equipped condition, in which there is a certain inaccuracy. The graph of the dependence of the minimum permissible average steady-state deceleration during control checks on the relative time is obtained. A forecast of changes in the regulatory requirements for the braking efficiency of light vehicles (category M1) at full load, depending on the relative time, has been made.

Key words: vehicles, vehicle categories, braking properties, braking efficiency, braking efficiency standards, average steady-state deceleration, operating conditions.

Постановка проблеми. Функціональна нестабільність елементів системи "водій-транспортний засіб-дорожнє середовище" (ВТЗДС) є причиною параметричних і, в кінцевому

© В.П. Волков, І.В. Грицук, В.П. Онищук, Т.В. Волкова, Н.Г. Бережна

рахунку, функціональних відмов, що призводять до значних матеріальних збитків і людських жертв [1].

Гальмівні властивості транспортних засобів (ТЗ) є важливим фактором, що забезпечує безпеку дорожнього руху. Досвід експлуатації показує, що при проектуванні необхідно не тільки забезпечити відповідність показників ефективності гальмування і курсової стійкості ТЗ в момент виходу з конвеєра заводу, а й створити умови для збереження цих показників протягом усього періоду експлуатації.

Стабільність гальмівних властивостей протягом всього періоду експлуатації забезпечує необхідний технічний рівень і конкурентоспроможність ТЗ. Відповідність цих властивостей вимогам, що пред'являються можна забезпечити при прогнозуванні на стадії проектування розвитку вимог до гальмівних властивостей як ТЗ, так і ТЗ, що знаходяться в експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Критеріями оцінки ефективності гальмування відповідно до стандартів [2, 3] є гальмівний шлях і середнє усталене уповільнення $j_{уст}$. Гальмівний шлях ТЗ залежить як від початкової швидкості гальмування і дорожніх умов, так і від тривалості динамічної стадії процесу гальмування.

Стале уповільнення не залежить від початкової швидкості гальмування і характеризує здатність ТЗ створювати максимальну гальмівну силу. Цей показник не враховує вплив динамічної стадії процесу гальмування і є основним параметром для оцінки ефективності гальмування.

При експлуатації ТЗ відбувається погіршення їх технічного стану, що супроводжується зниженням ефективності гальмування [4, 5, 6]. Тому у відповідних нормативних документах [2, 3], що регламентують гальмівні властивості ТЗ, які перебувають в експлуатації, передбачено зниження допустимого рівня середнього усталеного уповільнення в порівнянні із заводськими вимогами. У табл.1. наведені нормативні значення середнього усталеного уповільнення при контролі технічного стану ТЗ, які перебувають в експлуатації, прийняті в різні роки [3].

Таблиця 1

Нормативи ефективності гальмування ТЗ, які перебувають в процесі експлуатації [3]

Категорія ТЗ	$[j_{уст}]_0$				
	1972г. ($\lambda=0,72$)	1977г. ($\lambda=0,77$)	1982г. ($\lambda=0,82$)	1991г. ($\lambda=0,91$)	1999г. ($\lambda=0,99$)
M_1	(5,8)*	(5,8)	5,2 (6,1)	5,9 (6,8)	(5,8)
M_2	(4,2)	(5,0)	4,5 (5,5)	5,7 (6,8)	(5,0)
M_3	(4,2)	(4,2)	4,5 (5,0)	5,5 (5,7)	(5,0)
N_1	4,0 (4,0)	(5,0)	4,0 (5,4)	(5,7)	(5,0)
N_2	3,5 (4,2)	(4,2)	4,0 (5,7)	(5,7)	(5,0)
N_3	3,5** (4,2)	(4,2)	4,0 (6,1)	(6,2)	(5,0)

*) Значення в дужках відповідають спорядженому ТЗ;
**) Значення відповідають повному завантаженню ТЗ.

Постановка завдань. Слід зазначити, що умови проведення гальмівних випробувань дослідних і серійних зразків ТЗ на заводі-виробнику передбачають повне їх завантаження [2]. У той же час, при контролі технічного стану ТЗ, які перебувають в експлуатації, раніше передбачалося проведення гальмівних випробувань як при повному завантаженні, так і в спорядженому стані. В останньому державному стандарті України [3] обумовлюються нормативи ефективності гальмування автомобілів тільки в спорядженому стані. У цьому проглядається певна неточність.

У зв'язку з таким походом необхідно оцінити зміну середнього усталеного уповільнення $j_{уст}$, що характеризує ефективність гальмування ТЗ в умовах експлуатації.

Викладення основного матеріалу. На основі ретроспективного аналізу вимог, у різний час запропонованих до середнього сталого уповільнення, встановлена залежність нормативного значення цієї величини від часу [7]

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

де j_{max} – максимально можливе уповільнення, обумовлене зчипними властивостями ТЗ,
 B – коефіцієнт, який залежить від категорії транспортного засобу в залежності від відносного часу λ , який подається у вигляді виразу

$$\lambda = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2} \tag{2}$$

де Γ_1 – рік, в який робиться зміна нормативних вимог (в даному випадку поточний час);
 Γ_2 – рік, від якого умовно ведеться відлік часу; приймаємо $\Gamma_2 = 1900$ – початок масового виробництва ТЗ;

Γ_3 – рік, від якого проводиться ретроспективний аналіз; приймаємо $\Gamma_3 = 2000$.

В роботі [7] нами отримані значення коефіцієнта B (у формулі (1)), що відповідають визначенню нормативних показників ефективності гальмування ТЗ, що випускаються з конвеєра на заводі-виробнику. З урахуванням цієї обставини в табл. 1 наведені нормативні значення усталеного уповільнення як для спорядженого ТЗ, так і для повністю завантаженого. Припустимо, що найменше допустиме середнє усталене уповільнення ТЗ, що перебуває в експлуатації, описується залежністю (1) такого ж виду, як і для ТЗ, випущеного з заводу [8]

$$[j_{ycm}]_o = \varphi'' \cdot g \cdot [1 - \exp(-B_o \lambda)], \tag{3}$$

де $[j_{ycm}]_o$; B_o – нормативне значення середнього усталеного сповільнення і постійного коефіцієнта при діагностуванні технічного стану ТЗ.

З рівняння (3) визначимо величину B_o

$$B_o = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln \left[1 - \frac{[j_{ycm}]_o}{\varphi'' \cdot g} \right]. \tag{4}$$

В табл.2 наведені значення B_o , розраховані за формулою (4) для ТЗ різних категорій і нормативів, прийнятих в різні роки. У дужках представлені значення для спорядженого ТЗ.

Таблиця 2

Значення коефіцієнта B_o

Категорія ТЗ	B_o				
	1972г. ($\lambda = 0,72$)	1977г. ($\lambda = 0,77$)	1982г. ($\lambda = 0,82$)	1991г. ($\lambda = 0,91$)	1999г. ($\lambda = 0,99$)
M_1	(1,866)	(1,745)	1,325 (1,831)	1,531 (2,212)	(1,357)
M_2	(1,064)	(1,316)	1,039 (1,472)	1,424 (2,212)	(1,024)
M_3	(1,064)	(0,995)	1,039 (1,236)	1,326 (1,424)	(1,024)
N_1	0,990 (0,990)	(1,316)	0,869 (1,421)	(1,424)	(1,024)
N_2	0,820 (1,064)	(0,995)	0,869 (1,580)	(1,424)	(1,024)
N_3	0,820 (1,064)	(0,995)	0,869 (1,831)	(1,715)	(1,024)

Обробка значень B_o , наведених в табл. 2, методами математичної статистики дозволила отримати імовірнісні характеристики зазначеної величини для кожної категорії АТЗ (таблиця 3).

На рис. 1 наведено графік залежності (3) при $B_o = m_{\sigma} \pm \sigma_{\sigma} = 1,802 \pm 0,305$ для ТЗ категорії M_1 в спорядженому стані. На цьому ж малюнку приведено граничне значення уповільнення $TZ j_{max} = \varphi'' \cdot g = 0,8 \cdot 9,81 = 7,848 \text{ м/с}^2$. Зона найбільш ймовірних значень $[j_{ycm}]_o$ (при прогнозі) знаходиться між кривими 3. Ламана лінія 4 характеризує зміну в часі раніше прийнятих нормативів [2, 3]. Як видно з рис. 1, що раніше діяли нормативні документи регламентували вимоги, що укладаються в

коридор між кривими 3. І тільки занижені нормативи останнього стандарту [3] виходять із зазначеного коридору. На наш погляд, необхідно повернутися до нормативних значень, наведених в стандарті [2].

Таблиця 3

Імовірнісні характеристики коефіцієнта B_d

Категорія ТЗ	Повне завантаження ТЗ		Споряджений ТЗ	
	Математичне очікування $m_{\text{вд}}$	Середнє квадратичне відхилення $\sigma_{\text{вд}}$	Математичне очікування $m_{\text{вд}}$	Середнє квадратичне відхилення $\sigma_{\text{вд}}$
M_1	1,428	0,146	1,802	0,305
M_2	1,231	0,272	1,418	0,480
M_3	1,182	0,203	1,149	0,180
N_1	0,929	0,086	1,234	0,213
N_2	0,844	0,035	1,217	0,267
N_3	0,844	0,035	1,326	0,411

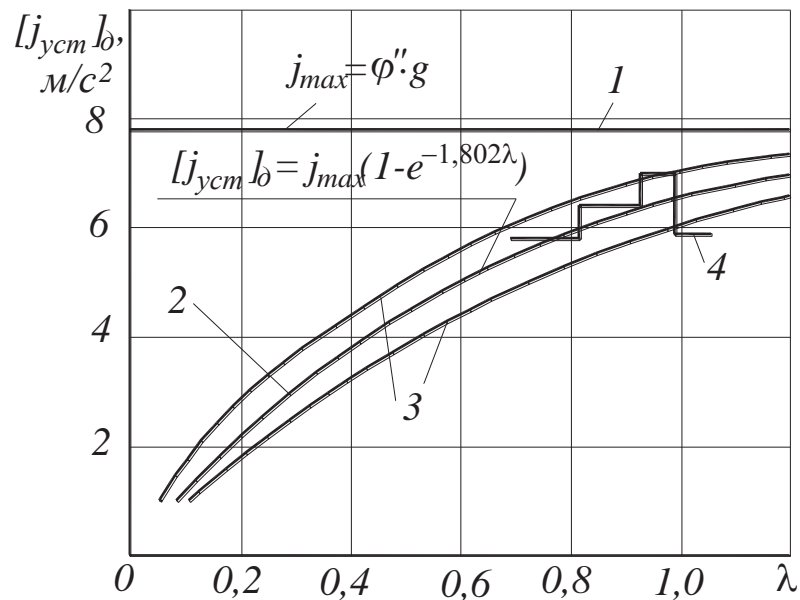


Рис. 1. Залежність мінімально допустимого середнього усталеного уповільнення $[j_{уст}]_d$ при контрольних перевірках від відносного часу λ : 1 – гранично можливе уповільнення; 2 – крива, побудована при $B = m_{\text{вд}}$; 3 – криві, відповідні $B = m_{\text{вд}} + \sigma_{\text{вд}}$ і $B = m_{\text{вд}} - \sigma_{\text{вд}}$; 4 – ламана лінія, відповідна прийнятим вимогам стандартів $[j_{уст}]_d$

Зниження нормативних значень середнього усталеного уповільнення зумовлене збільшенням кількістю старих ТЗ в транспортному парку України (середній вік якого становить 16-18 років. До них відносяться як старі ТЗ, які були доставлені на Україну з країн Європи, так і застарілі моделі ТЗ країн СНД (колишнього СРСР), які тривалий час перебувають в експлуатації.

Порівняємо вимоги стандартів на нові і ті, що знаходяться в експлуатації ТЗ категорії M_1 . Порівняння виробляємо для величини найменшого допустимого середнього усталеного уповільнення при повному завантаженні ТЗ (рис.2).

ТЗ, що зійшло з конвеєра і яке надійшло в експлуатацію, зберігає той рівень гальмівних властивостей, який регламентується на той момент часу діючими стандартами до нових ТЗ. Навіть якщо його гальмівні властивості володіють ідеальною стабільністю через певний час експлуатації, вони не будуть відповідати зростим (за цей же час) нормативним вимогам до гальмівних властивостей ТЗ, які перебувають в експлуатації.

Припустимо, що ТЗ було випущено з заводу в момент часу λ_A (рис.2). Уповільнення, яке він розвиває при гальмуванні, відповідає нормативному значенню (крива 2).

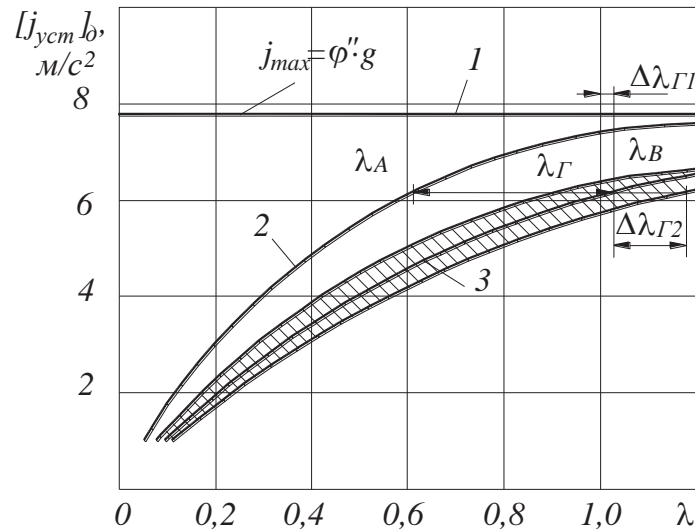


Рис. 2. Зміна нормативних вимог до ефективності гальмування легкових ТЗ (категорії М1) при повному завантаженні в залежності від відносного часу λ : 1 – гранично можливе уповільнення ТЗ ($\phi'' = 0,8$); 2 – крива нормативного значення середнього усталеного уповільнення для ТЗ, що зійшли з конвеєра заводу; 3 – крива нормативного значення середнього усталеного уповільнення ТЗ при контрольних перевірках в експлуатації; λ_A – момент часу випуску ТЗ з заводу; λ_B – момент часу при якому уповільнення ТЗ, що розвивається при гальмуванні, відповідає нормативним вимогам, що пред'являються до ТЗ категорії М1, що знаходяться в експлуатації; λ_G – гарантований термін експлуатації ТЗ при стабільних гальмівних властивостях ТЗ; $\Delta\lambda_{G1}$; $\Delta\lambda_{G2}$ – граничні відхилення величини λ_G , обумовлені точністю прогнозу величини. $[j_{уст}]$ д; заштрихована зона найбільш ймовірних значень $[j_{уст}]$ д (в межах одного середньоквадратичного відхилення величини B_σ).

Таке ж нормативне значення ефективності ТЗ категорії М1, що знаходиться в експлуатації, буде в момент часу λ_B , причому

$$\lambda_B - \lambda_A = \lambda_G, \tag{5}$$

де λ_G – найбільший (граничний) період збереження необхідного рівня гальмівних властивостей ТЗ в експлуатації.

Прирівнюючи між собою праві частини рівнянь (1) і (3), отримаємо

$$\phi'' \cdot g [1 - \exp(-B\lambda_A)] = \phi'' \cdot g [1 - \exp(-B_\sigma\lambda_B)]. \tag{6}$$

З виразу (6) з урахуванням (5) отримаємо

$$\lambda_G = \lambda_A \cdot \left(\frac{B}{B_\sigma} - 1 \right) = \lambda_A \cdot K_B, \tag{7}$$

де K_B – коефіцієнт пропорційності.

Для ТЗ категорії М1 при повному навантаженні [7] (табл. 2.4; 2.7): $B = 2,432$; $B_\sigma = 1,428$. В цьому випадку, для категорії М1

$$\lambda_G = 0,703 \cdot \lambda_A, \tag{8}$$

тобто ніж пізніше зійде ТЗ з конвеєра, тим більше термін збереження їм гальмівних властивостей на необхідному рівні. Тут слід підкреслити, що зазначений висновок справедливий лише при виконанні умови (в момент випуску ТЗ з конвеєра заводу).

$$j_{уст} = [j_{уст}] = \varphi^n \cdot g \cdot [1 - \exp(-B\lambda_A)], \quad (9)$$

Підставляючи (2) в (5), отримаємо

$$\lambda_{\Gamma} = \lambda_A - \lambda_B = \frac{\Gamma_A - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2} - \frac{\Gamma_B - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2} = \frac{\Gamma_A - \Gamma_B}{\Gamma_3 - \Gamma_2}, \quad (10)$$

де $\Gamma_A; \Gamma_B$ – роки, що відповідають відносному часу $\lambda_A; \lambda_B$,

$$\Gamma_A - \Gamma_B = T_{\Gamma}, \quad (11)$$

T_{Γ} – гарантійний термін збереження необхідних гальмівних властивостей ТЗ при абсолютно стабільній гальмівній системі.

Вираз (11) з урахуванням (8), (9), (10) і (1) набуде вигляду

$$T_{\Gamma} = 0,703 \cdot (\Gamma_A - 1900). \quad (12)$$

Графік залежності (12) наведено на рис.3. Слід зазначити, що умовою справедливості співвідношення (12) є відповідність нормативних вимог до ефективності гальмування ТЗ в рік випуску до значень, розрахованих за формулою (1).

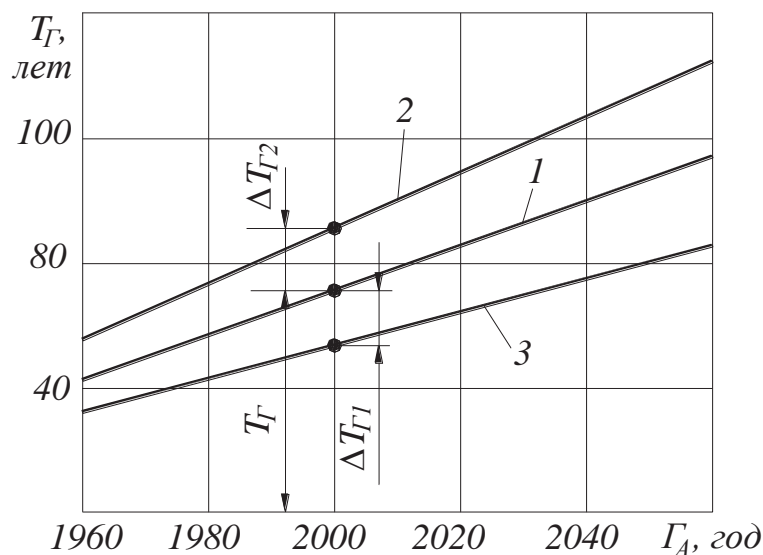


Рис. 3. Зависимость величины T_{Γ} от года выпуска ТЗ категории М1: 1 – среднее значение; 2, 3 – максимальное и минимальное значения; $\Delta T_{\Gamma 1}$; $\Delta T_{\Gamma 2}$ – величины, соответствующие относительно времени $\Delta \lambda_{\Gamma 1}$; $\Delta \lambda_{\Gamma 2}$ (рис.2.)

Величина λ_{Γ} (на рис.2) з урахуванням коридору, утвореного заштрихованою зоною, може мати найбільше граничне відхилення $\Delta \lambda_{\Gamma 2} > 0$ і найменше граничне відхилення $\Delta \lambda_{\Gamma 1} < 0$. Це відповідає величинам $K_B = K_{B \max} = 0,897$ і $K_B = K_{B \min} = 0,545$, тобто

$$T_{\Gamma \max} = 0,897 \cdot (\Gamma_A - 1900), \quad (13)$$

$$T_{\Gamma \min} = 0,545 \cdot (\Gamma_A - 1900). \quad (14)$$

Графіки залежностей (13) і (14) наведені на рис.3 (прямі 2 і 3 відповідно).

З рис.3 видно, що, наприклад, для легкового ТЗ випуску 2000 року середнє значення величини T_{Γ} становить 70 років, максимальне 90 років, а мінімальне 54 роки. Такі результати можна отримати при абсолютно стабільних характеристиках гальмівного управління. Однак результати проведених раніше співробітниками проблемної науково-дослідної лабораторії ХАДІ [8] показали, що ефективність гальмування легкових ТЗ (категорія М1) зменшується в залежності

від загального пробігу. Це також підтверджується в роботі [9, 10] для вантажних автомобілів. У табл. 4 наведені значення математичного очікування середнього усталеного уповільнення m_j ТЗ категорії M_1 в залежності від пробігу.

Таблиця 4

Зміна m_j залежності від пробігу L_n легкових ТЗ [7]

L_n	0	50	100	150	200	250	300	350
$m_j, \text{м/с}^2$	6,592	6,526	6,526	6,460	6,466	6,466	6,466	6,466
$m'_j, \text{м/с}^2$	6,671	6,641	6,611	6,582	6,553	6,524	6,495	6,466
похибка апроксимації Δm_j , %	-1,7	-1,3	-1,8	-1,3	-0,9	-0,4	0	

Гальмування відбувалось зі швидкості 80 км / ч. У табл.4 наведені також значення, розраховані за апроксимуючою залежністю

$$m'_j = [j_{уст}]_A \cdot \exp(-K_L \cdot L_{II}), \quad (15)$$

де $[j_{уст}]_A$ – нормативне значення середнього усталеного уповільнення для нових ТЗ виготовлення 1978 роки (рік проведення експериментальної перевірки); прийнято таким, оскільки невідомий рік випуску перевіряються ТЗ, $[j_{уст}]_A = 6,671 \text{ м/с}^2$;

K_L – постійний коефіцієнт був прийнятий рівним $0,089 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(тыс. км)}$ [7].

У таблиці 4 наведені також значення похибки апроксимації (максимальна величина не перевищує 1,8%). Загальний пробіг можна представити у вигляді

$$L_{II} = l_{CG} \cdot \Delta \Gamma, \quad (16)$$

де l_{CG} – середньодобовий пробіг ТЗ;

$\Delta \Gamma$ – кількість років експлуатації ТЗ.

Вираз (15) з урахуванням (16) прийме наступний вигляд

$$m'_j = [j_{уст}]_A \cdot \exp(-K_L \cdot l_{CG} \cdot \Delta \Gamma). \quad (17)$$

Прирівнявши праві частини (3) і (17), з урахуванням (1), (10), (11) можна визначити гарантійний термін служби T'_G по гальмівним властивостям ТЗ з урахуванням нестабільності характеристик гальмівного управління. При цьому $\Delta \Gamma = T'_G$. Для вирішення зазначеного завдання в кожному конкретному випадку потрібно знати передбачуваний середньорічний пробіг ТЗ. Таким чином, отримаємо рівняння

$$[1 - \exp(-B\lambda_A)] \cdot \exp(-100K_L \cdot l_{CG} \cdot \lambda'_G) + \exp[-B_d(\lambda_A + \lambda'_G)] - 1 = 0, \quad (18)$$

де λ'_G – граничний період збереження необхідного рівня гальмівних властивостей ТЗ в експлуатації, з урахуванням їх нестабільності.

$$\lambda'_G = \frac{\Delta \Gamma}{100}. \quad (19)$$

На рис.4 -2.10 наведені результати визначення λ'_G графоаналітичним методом

Розрахунок виконаний для ТЗ категорії M_1 , випущених у 2000 році ($\lambda_A = 1$), що мають на момент випуску $j_{уст} = [j_{уст}]_A$ і планований середньорічний пробіг $l_{CG} = 5$ тис. Км. Аналіз графіків, наведених на рис.4, показує, що значення величини T'_G становить приблизно 54 роки (при абсолютно стабільною гальмівній системі середнє значення величини $T_G = 70$ років (рис. 3)). Зазначена величина приблизно відповідає мінімальному значенню $T_{G \min} = 54$ роки (рис. 2.9) для ТЗ 2000 року випуску.

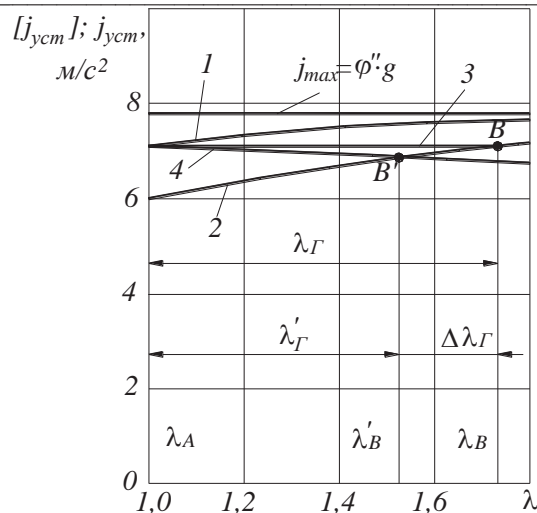


Рис. 4. Залежності нормативних і дійсних уповільнень ТЗ категорії М1 від відносного часу λ при $l_{CG} = 5$ тис.км; $\lambda_A = 1,0$: 1 – крива нормативного уповільнення для нових ТЗ; 2 – крива нормативного уповільнення для ТЗ, які перебувають в експлуатації; 3 – дійсне уповільнення для ТЗ з абсолютно стабільними гальмівні властивості; 4 – дійсне уповільнення для ТЗ з нестабільними гальмівні властивості

Таким чином, реальна нестабільність гальмівних систем легкових ТЗ викликає зниження граничного періоду збереження необхідного рівня гальмівних властивостей на 16 років.

При проектуванні нового ТЗ, якщо в конструкцію закладається можливість отримання показників ефективності гальмування, що відповідають діючим нормативам, то величина T'_G може бути визначена як

$$T'_G = T_1 + T_2 + T_3, \quad (20)$$

де T_1 – тривалість розробки і постановки на виробництво даної моделі ТЗ, років;

T_2 – тривалість періоду випуску зазначеної моделі ТЗ, років;

T_3 – планований термін служби ТЗ, років.

Очевидно, що при проектуванні ТЗ потрібно враховувати величину T_1 і закладати в конструкцію можливість отримання тих показників ефективності гальмування, які будуть відповідати нормативам, відповідним році початку випуску (або навіть більше пізніх років).

Очевидно, що при проектуванні ТЗ потрібно враховувати величину T_1 і закладати в конструкцію можливість отримання тих показників ефективності гальмування, які будуть відповідати нормативам, відповідним році початку випуску (або навіть більше пізніх років).

Величина T'_G залежить від середньорічного пробігу ТЗ l_{CG} . Легкові ТЗ, в більшості своїй, перебувають в особистому володінні. Тому багато машин мають дуже малу величину l_{CG} . Це призводить до збільшення T_3 . Може виявитися, що $T_3 > T'_G$. У цьому випадку доцільно проводити відновлювальний ремонт гальмівних систем ТЗ або ремонт з модернізацією (рис.5).

Аналіз графіків, наведених на (рис.5), показує, що відновлювальний ремонт дозволяє отримати $\lambda'_G = \lambda_G$ ($T'_G = T_G$), а ремонт з модернізацією $\lambda''_G > \lambda_G$ ($T''_G > T_G$).

Висновки. Отримані графічні залежності мінімально допустимого середнього усталеного уповільнення при контрольних перевірках від відносного часу і значення гарантійного терміну збереження необхідних гальмівних властивостей транспортних засобів (при абсолютно стабільною гальмівній системі) від року випуску транспортних засобів категорії М1.

Встановлено, що, наприклад, для легкового транспортного засобу випуску 2000 року середнє значення гарантійного терміну збереження необхідних гальмівних властивостей в умовах експлуатації становить 70 років, максимальне 90 років, а мінімальне 54 роки. Виконано оцінку зміна ефективності гальмування транспортних засобів. при відновному ремонті і ремонті з модернізацією структурних елементів гальмівної системи ..

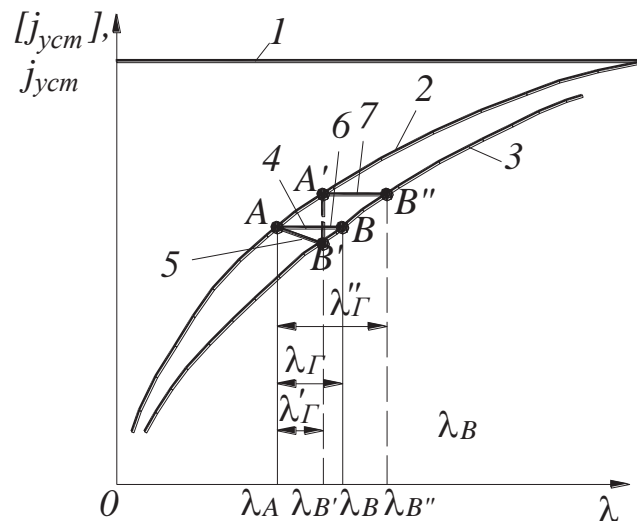


Рисунок 5. Зміна ефективності гальмування ТЗ привідновлювальному ремонті і ремонті з модернізацією: 1 – гранично можливе уповільнення; 2, 3 – нормативи значення середнього усталеного уповільнення для нових і знаходяться в експлуатації ТЗ; 4 – характеристика абсолютно стабільною гальмівної системи; 5 – характеристика реальної (нестабільної) гальмівної системи; 6 – характеристика реальної гальмівної системи після відновлювального ремонту в точці B' ; 7 – характеристика реальної гальмівної системи після ремонту з модернізацією

Отримані результати можуть бути використані при розробці гальмівних систем перспективних автомобілів, уточнення нормативних документів, і при проведенні експериментальних досліджень гальмівних властивостей транспортних засобів.

Список використаних джерел:

1. Безверхий С.Ф. Параметрическая надежность автомобиля // Автомобильная промышленность. – 1999. – №7. с. 14-15.
2. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения. Правила ЕЭК ООН №13. Изд-во ООН, 1973. – 74 с.
3. ДСТУ 3649 – 97. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методики контролю. Введ. 1999 – 01 – 01. – К.: Видавництво стандартів, 1999. – 19 с.
4. Вахменцев С.В., Зотов В.Н. Тормозные свойства АТЗ, находящиеся в эксплуатации // Автомобильная промышленность. – 1990. – №10. – с. 19-20.
5. Суковицын В.И. Оценка эффективности торможения автомобилей, находящихся в эксплуатации // Техническое состояние тормозных систем автомобилей и безопасность дорожного движения. – М.: МАДИ. Сб. науч. тр. – 1980. – с. 55-59.
6. Топалиди В.А. О достоверности эксплуатационного контроля тормозных свойств АТЗ // Автомобильная промышленность. – 2003. – №1. – с. 3-4.
7. Волков В.П. Обеспечение стабильности тормозных свойств автотранспортных средств. Научное издание: Монография. – Харьков: Изд-во ХНАДУ. – 2003. – 306 с.
8. Подригало М.А., Волков В.П., Рабинович Э.Х. Стабильность тормозных свойств автомобиля. – Харьков: Вестник ХНАДУ. Сб. науч. тр. – 2003. – №20. – с. 43-49.
9. Клименко В.И. Влияние эксплуатационных показателей на конструкцию и характеристики пневматического тормозного привода автотранспортных средств: Дис. канд. техн. наук: 05.05.03. – Харьков, 1984. – 190 с
10. Volkov V., Gritsuk I., Volkova T. i інш. Assessment of the Influence of Braking Devices over the Stability of Braking Properties of the Vehicles" SAE Technical Paper 2020-01-5163, 2020, doi:10.4271/2020-01-5163–8 p.