

УДК 629.3.017.5

М. В. Склярів

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ І ОЦІНЮВАННЯ ВИМОГ ДО УПРАВЛІННЯ ГАЛЬМАМИ АВТОМОБІЛЯ

Наведено детальний всебічний аналіз вимог до процесу гальмування автомобільних транспортних засобів (АТЗ). Поглиблено визначені показники для оцінювання взаємодії водія і гальмівної системи на різноманітних стадіях гальмування АТЗ.

К л ю ч о в і с л о в а: гальмування, гальмівна система, ефективність.

Постановка проблеми. Основні вимоги до ефективності гальмівних систем регламентуються відповідними стандартами. Основоположним стандартом на сьогодні є Правило №13 ЄЕК ООН. В основному в стандартах до гальмівних систем встановлюються граничні значення показників.

Проте існує широкий діапазон процесу гальмування, який називають службовим гальмуванням. Як у процесі екстреного, так і службового гальмування беруть участь водій, автомобіль, а також враховується навколишнє середовище. У зв'язку з цим необхідний всебічний розгляд складників процесу гальмування.

Узагальнені висновки останніх досліджень. Висока інтенсивність руху в умовах сучасних транспортних потоків визначає ефективність гальмування АТЗ. Визначено [1], що величина мінімально допустимого середнього сталого уповільнення залежно від часу експлуатації АТЗ змінюється за експоненціальною залежністю, параметри якої визначаються категорією АТЗ. Встановлено [1], що залежно від пробігу АТЗ необхідно коректувати нормативи діючих стандартів.

Активне впровадження на АТЗ систем автоматичного і автоматизованого управління рухом вимагає всебічного розгляду вимог і можливостей як водія, так і гальмівної системи АТЗ. Основні положення адаптивного управління гальмуванням викладено в праці [2].

Мета статті. Визначення напрямків розвитку безпеки руху автомобілів із використанням наукоємних систем управління з врахуванням вимог до гальмівного керування.

Виклад основного матеріалу. В процесі руху автомобіля існує постійна емоційна і фізична напруга водія. У праці [3] оператор розглядається як специфічна ланка системи людина – машина, що має швидкодію і точність. Причому під точністю розуміють ступінь відхилення параметра, встановлюваного або регульованого оператором.

З названих позицій діяльність водія у процесі гальмування автомобіля аналізується багатьма дослідниками.

Досліджуючи сенсорно-моторні реакції водія [4], автори зазначають, що в загальному часі реакції, який складається з латентного і моторного часу, найбільші відмінності має другий складник. У зв'язку з цим відмінності в швидкодії різних груп операторів [5, 6, 7] оцінюються за зміною моторного часу. Бухарін [6] дослідним шляхом встановив час найшвидшої дії водія на гальмівну систему в межах 0,15...0,3 с. За результатами досліджень [8] моторний час (час руху ноги) у разі різкого гальмування має межі 0,06...0,36 с. У праці [9] наведено час на переміщення водієм гальмівної педалі під час екстреного гальмування, рівний 0,2 с. За даними [5] час швидкодії оператора складає 0,1...0,2 с. У результаті досліджень, виконаних у праці [7], час дії водія прийнято як нормальну випадкову величину, що змінюється у межах 0,7...2,2 с. У публікації [10] пропонується встановити стандартну тривалість часу реакції водія для визначення поняття “початок гальмівного шляху”. На базі значного експериментального матеріалу встановлено час швидкодії водіїв у межах 0,2...0,7 с.

За викладеними результатами виконаних досліджень можна оцінити швидкодію водіїв інтервалом 0,1...0,4 с.

Швидкодія системи позначається на її ефективності, як в ході загальмовування, так і під час розгальмовування. Запізнювання гальмівної системи впливає на якість її слідкуючої дії. Як відмічається у праці [11] недостатня швидкодія системи часто призводить до її перегальмовування, оскільки запізнюється сприйняття водієм зміни в поведінці автомобіля.

Загальноприйнятим [12, 13, 14, 15] є розмежування процесу спрацьовування гальмівної системи на два періоди: вибір зазорів і деформацію робочих елементів. У праці [15] час спрацьовування гальмівної системи 0,3...1,5 с. Для названих раніше періодів він складає відповідно 0,1...0,5 с і 0,2...1,0 с. Бухарін [16], характеризуючи швидкодію системи як чинник, що впливає на її ефективність, запропонував

© М. В. Склярів, 2016

оцінювати швидкодію часом запізнювання між зміною зусилля на педалі й уповільненням автомобіля $\Delta t = 0,02 \dots 0,08 \cdot t_n$ (t_n – час наростання уповільнення автомобіля від нуля до максимального сталого значення). Небезпідставно характеризуючи негативний вплив надмірного зменшення часу t_n на комфорт пасажирів, він рекомендував обмежити час наростання уповільнення не менше $t_n = 1,33$ с. Інший вчений [17], характеризуючи час t_n як час повного спрацьовування гальм, наголосив на його більшому впливі на ефективність гальм, ніж на комфортабельність. Вважається, що водій залежно від конкретних умов, використовуючи швидкодію системи, може змінити темп зростання уповільнення $\frac{dj}{dt}$ в інтервалі часу повного спрацьовування гальм $t_n = 0,25 \dots 0,4$ с.

Розділяючи співвідношення зусилля – хід педалі на бажане водієм і забезпечуване гальмівною системою, Бухарін [6] встановив, що максимальне зусилля водія на гальмівній педалі залежить від його віку, зросту і статі. Окрім цього величина зусилля залежить від ходу педалі і тривалості дії. Зусилля водія в кінці тривалого або повторного гальмування знижується на 20 % і більше. Рекомендовані [6] максимальні значення зусилля на педалі $F_{n \max} = 300 \dots 400$ Н.

У публікації [18] запропоновано розмежувати процес зростання зусилля на педалі на три періоди: початкове зусилля, проміжне зусилля, зусилля при значному уповільненні.

Початкове зусилля повинне обмежуватися нижньою межею, що виключає спрацьовування гальмівної системи під час мимовільної малої дії на педаль. Найчастіше проміжне зусилля, яке використовується, повинно мати невелику величину, що виключає стомлюваність водія. Рекомендуються значення цих зусиль $F_n = 70 \dots 150$ Н.

Водночас забезпечуване названим зусиллям на педалі уповільнення автомобіля зросло. З аналізу можливостей водія вважається граничним енергетичне навантаження для нього, рівне шести повним гальмуванням за хвилину.

Автори праці [18] стверджують, що опір гальмівної педалі понад 260 Н викликає утомленість. З урахуванням ходу педалі, що дозволяє використовувати роботу м'язів всієї ноги, рекомендується максимальне зусилля на педалі $F_{n \max} = 300 \dots 500$ Н.

У результаті виконаних досліджень [18] підтверджено, що навіть фізично слабкий водій у змозі розвинути зусилля $F_n = 380$ Н. Однак він теж схильний до зменшення рівнів середнього і максимального значень F_n . Виконані в праці [19] узагальнення ряду досліджень дозволили зробити висновок, що близько 20 % жінок розвивають зусилля $F_n \approx 220$ Н. У публікації [20] рекомендується вибирати діапазон опору педалі $F_n = 45 \dots 350$ Н при її ході в інтервалі 0,01 ... 0,125 м. Звертається особлива увага на нижню межу зусилля $F_{n \min} = 35 \dots 45$ Н.

Проте більш повно енергетичні витрати водія можна оцінити за поєднанням зусилля на гальмівній педалі і її переміщенням, а точніше – роботою приведення в дію гальмівної системи. Дані опитувань водіїв [18] підтверджують їх оцінку зусилля на педалі в комплексі з її переміщенням. Унаслідок цього очевидно, що водії відчують граничну роботу, а не її складники – зусилля і хід педалі окремо.

У праці [21] визначається робота управління гальмівною системою відповідно до виразу

$$A = \int_0^{x_{n.z.}} F_n \cdot dx_n = \int_0^{x_{n.z.}} f(x_n) dx_n, \quad (1)$$

де $x_{n.z.}$ – граничне переміщення педалі.

Графічно робота визначається як площа під кривою $F_n = f(x_n)$.

Співвідношення зусиль на педалі і її переміщення встановлюється у межах їх граничних значень $F_n = 250 \dots 400$ Н при $x_n = 0,07 \dots 0,12$ м.

Як правило, за ходом педалі оцінюють тільки справність гальмівної системи. Її вважають справною, якщо ефективне гальмування досягається при ході педалі не більше 2/3 максимального [22]. Насправді практично використовується тільки $0,5x_{n \max}$. Результати виконаних досліджень [23] свідчать, що хід педалі практично не впливає на величину гальмівного шляху і може бути прийнятий тільки як критерій роботи водія, оскільки якість стеження (точність) роботи водія залежить від величини ходу педалі. Від зменшеного до мінімальних значень ходу педалі водії звикають досить швидко [24].

Відомо, що якість слідкуючої дії будь-якої системи оцінюється співвідношенням вихідного і вхідного сигналів [25]. Якщо в ході гальмування водій виконує роль регулятора в замкнутій системі водій – автомобіль – дорога [26], то при цьому він об'єднує функції чутливого елемента і задавального пристрою. Головне значення серед вхідних дій на водія під час гальмування має зміна

величини і темпу уповільнення автомобіля. Регулюючи необхідний рівень уповільнення, водій підсвідомо відкидає проміжні збурення, що впливають на зміну уповільнення (величину зчеплення коліс з дорогою, перерозподіл реакцій на колесах тощо). У цьому випадку для оцінювання гальмування автомобіля безперечне значення має коефіцієнт передачі загальмовуваного автомобіля

$$m_n = \frac{j_a}{F_n} \quad [23, 27].$$

Слід зазначити, що коефіцієнт передачі має сенс для гальмування без блокування коліс. У праці [11] узагальнені дані щодо значень коефіцієнта передачі, які рекомендуються, для різних автомобілів. Встановлені допустимі межі $m_n = 0,005 \dots 0,1 \text{ кг}^{-1}$, але діапазон, що рекомендується, має більш вузькі межі – $m_n = 0,02 \dots 0,05 \text{ кг}^{-1}$.

За даними статті [23] надмірний коефіцієнт передачі $m_n \approx 0,0448 \text{ кг}^{-1}$ призводить до блоку коліс, а малий вимагає значних зусиль F_n . Розблокування коліс за малих значень $m_n \approx 0,009 \text{ кг}^{-1}$ здійснюється значно швидше, ніж за великих $m_n \approx 0,014 \text{ кг}^{-1}$.

У статті [23] наголошується, що водії віддають перевагу величині $m_n = 0,018 \text{ кг}^{-1}$ при податливості приводу $h = 0,0008 \dots 0,0021 \text{ м/Н}$ ($h = \frac{x_n}{F_n}$) і $m_n = 0,013 \text{ кг}^{-1}$ при $h = 0,0031 \text{ м/Н}$.

Для збільшення зусилля на педалі $\Delta F_n = 20 \text{ Н}$ у публікації [18] рекомендується приріст уповільнення $\Delta j_a = 0,2g$. У праці [27] прийнято оптимальне поєднання: $F_n = 300 \dots 350 \text{ Н}$ при $j_a = 0,85 \dots 0,95g$. Роботу гальмівної системи бажано оцінювати відношенням сумарної гальмівної сили до відповідного зусилля на педалі. Фактично це відношення є коефіцієнтом посилення гальмівної системи K_T або коефіцієнтом ефективності [6]. У виданні [28] запропонований коефіцієнт передачі гальмівної системи K_{II} , що характеризує зміни питомої гальмівної сили γ_T від зміни F_n ($K_{II} = \frac{d\gamma_T}{dF_n}$), а

у публікаціях [30, 31] подана методика оцінки ступеня зниження ефективності гальмування у разі відмови одного з контурів приводу за рахунок відповідних значень K_{II} . Безперечний інтерес становить також методика обмеження області вживання гальмівного приводу різних видів щодо певної маси автомобіля з урахуванням розглянутих показників [29, 32].

У виданні [26] показано, що оскільки питоме уповільнення $\frac{j_a}{g}$ близьке за своїм чисельним значенням до γ_T , то і коефіцієнт передачі автомобіля $m_{II} = \frac{dj_a}{dF_n}$ практично рівний за величиною

коефіцієнту передачі гальмівної системи $K_{II} = \frac{d\gamma_T}{dF_n}$. У праці [26], досліджуючи характер залежності

$\gamma_T = f(F_n)$, встановлена її лінійність в інтервалі $F_n = 0 \dots 150 \text{ Н}$ для гальмівних систем з підсилювачем і $F_n = 0 \dots 350 \text{ Н}$ – для систем без підсилювачів. Причому величина K_{II} для систем з підсилювачами в 3 – 4 рази більша, ніж без них. Значення K_{II} , які рекомендуються $K_{II} = 2,0 \dots 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ Н}^{-1}$, що відповідає $F_n = 170 \dots 354 \text{ Н}$ при $j_a = 0,7g$. Співвідношення між питомим уповільненням і питомою гальмівною силою характерне для гальмування до блокування коліс автомобіля [33]. Причому на межі блокування максимальне уповільнення автомобіля може бути одержано у вузькій смузі тиску в гідропроводі [34].

У цілому ж гальмівне управління повинно забезпечувати плавне і стійке гальмування автомобіля з необхідною ефективністю і мінімальними енергетичними втратами водія.

Істотне підтвердження і подальший розвиток у визначенні параметрів гальмування колісних машин відображено в сучасному дослідженні [2].

Для оцінювання ефективності гальмівного управління запропонований коефіцієнт ефективності K_E :

$$K_E = \frac{j_a - j_0}{F_n - F_0}, \quad (2)$$

де j_a – уповільнення при зусиллі на педалі F_n ; j_0 – уповільнення на початку появи гальмівних сил; F_0 – нечутливість гальмівного приводу.

Встановлений діапазон роботи гальмівної системи в полі зміни K_E і запропонована оцінка точності роботи гальмівного управління.

Висновки

У результаті проведеного ретроспективного аналізу встановлено, що:

- 1) необхідне подальше вивчення і врахування фізіологічних і психофізіологічних можливостей водія;
- 2) оцінювання керування гальмуванням автомобіля потрібно виконувати з урахуванням встановлених показників взаємодії системи водій – автомобіль – гальмівна система;
- 3) для підвищення якості керування гальмуванням і безпеки руху раціонально використовувати автоматизовану корекцію керуючих дій водія в межах, визначених під час аналізу параметрів системи автомобіль – водій.

Список використаних джерел

1. Волков, В. П. Формирование функциональной стабильности тормозных свойств колёсных машин при проектировании [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / В. П. Волков. – Х. : ХНАДУ, 2004. – 323 с.
2. Шуклінов, С. М. Теоретичні основи адаптивного керування гальмуванням колісних машин [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук / С. М. Шуклінов. – Х. : ХНАДУ, 2013. – 428 с.
3. Основы инженерной психологии [Текст] / под ред. Б. Ф. Ломова. – М. : Высш. шк., 1977. – 335 с.
4. Исследование специфических трудовых реакций на специфические раздражители у водителей автомашин [Текст] / В. С. Фарфель и др. // Физиологическая характеристика умственного и творческого труда. – М. : Транспорт, 1969. – С. 134 – 135.
5. Бортовые системы управления полётом [Текст] / Ю. Д. Байбородин и др. – М. : Транспорт, 1975. – 336 с.
6. Бухарин, Н. А. Тормозные системы автомобилей [Текст] / Н. А. Бухарин. – М. ; Л. : Машгиз. – 1950. – 292 с.
7. Хубелашвили, Ш. И. Анализ качества управляющих действий водителя в системе водитель – автомобиль – дорога и их моделирование [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ш. И. Хубелашвили. – М. : МАДИ, 1979. – 13 с.
8. Mitschke, Manfred. Dynamik der Kraftfahrzeuge [Текст] / Manfred Mitschke. – Berlin : Heidelberg, 1972. – 411 p.
9. Grauel Ingolf. Steuerung von Betriebsbremsanlagen [Текст] / Ingolf Grauel // Bosch Techn. – 1970. – №1 Berichte 7. – P. 13 – 22.
10. Aoki, Kazuhiko. A Comparison of World Braking Standards with Reference to the Development of Japanes Braking Standards [Текст] / Kazuhiko Aoki // SAE prepr. – 1972. – № 720030. – P. 1 – 32.
11. Jahn, M. Stand und Entwicklungstendenzen an Kraftfahrzeugbrenanlagen. [Текст] / M. Jahn // KFT. – 1972. – № 3. – P. 78 – 82.
12. Годун, И. И. Исследование времени срабатывания тормозов автомобиля [Текст] / И. И. Годун, А. А. Филимонов // Труды Новочеркасского политехнического института. – 1968. – Т. 183. – С. 68 – 71.
13. Савин, Н. М. Силовые параметры процесса срабатывания гидравлического привода тормозного автомобиля [Текст] / Н. М. Савин, И. И. Годун // Труды Новочеркасского политехнического института. – 1968. – Т. 183. – С. 76 – 79.
14. Фалькевич, Б. С. Теория автомобиля [Текст] / Б. С. Фалькевич. – М. : Машгиз. – 1963. – 239 с.
15. Филатов, П. Г. Исследование работы гидропривода к автомобильным тормозам при низких температурах [Текст] / П. Г. Филатов // Автомобильная промышленность. – 1967. – № 5. – С. 15 – 18.
16. Бухарин, Н. А. О требованиях к тормозным свойствам автомобилей [Текст] / Н. А. Бухарин // Автомобильная промышленность. – 1963. – № 4. – С. 9, 10.
17. Беленький, Ю. Б. О требованиях к тормозным свойствам автомобилей [Текст] / Ю. Б. Беленький // Автомобильная промышленность. – 1963. – № 5. – С. 26.
18. Harries, D. A. Pedal feel with Power Staking Systems [Текст] / D. A. Harries // Lucas Engineering review. – 1978. – № 3. – P. 65 – 69.
19. Дитрих, Я. Проектирование и конструирование. Системный подход [Текст] / Я. Дитрих. – М. : Мир, 1981. – 456 с.
20. Nigg, R. L. The variable ratio master cylinder-adescription of its function and operation [Текст] / R. L. Nigg, A. W. Palmer, R. F. Green // SAE prepr. – 1975. – № 750382. – P. 14 – 17.
21. Jahn, M. Großer und Wirkungen an der hydraulischen Betatigungsanlage fur Kraftfahrzeugbremsen [Текст] / M. Jahn // KFT. – 1980. – № 5. – P. 136 – 139.

22. О целесообразности применения гидропривода с переменным передаточным отношением в тормозных системах автомобилей [Текст] / Н. Ф. Метлюк и др. // Автотракторостроение : сб. – Минск : Вышэйш. шк., 1979. – Вып. 13. – С. 22 – 28.
23. Mortimer, G. Rudolf some Brakes are Too Sensitive According to Performance Test [Текст] / G. Mortimer // Automotive Engineering. – 1971. – May. – P. 31 – 35.
24. Gancel Pierre, M. Les tendances dans le domaine des asservissements [Текст] / M. Gancel Pierre // Symposium Technique DBA A, January – 1972. – Moskou. – Conference № 8. – 28 p.
25. Основы теории автоматического регулирования и управления [Текст] / А. А. Воронов и др. – М. : Высш. шк., 1977. – 519 с.
26. Давыдов, А. Д. Надежность управления автомобилем при торможении [Текст] / А. Д. Давыдов, О. В. Майборода // Автомобильная промышленность. – 1981. – № 2. – С. 14.
27. Strien Hans-Christof Klein/Hans. Hydraulische Bremskraftverstärker als Teil einer KfZ-Zentralhydraulik [Текст] / Strien Hans-Christof Klein/Hans // Automobil-Industrie. – 1975. – № 4. – P. 105 – 118.
28. Машенко, А. Ф. Тормозная система автомобиля [Текст] / А. Ф. Машенко. – М. : Высш. шк., 1972. – 135 с.
29. Методика построения и исследования тормозных характеристик автомобиля [Текст] / Б. Б. Генбом и др. // Автомобильная промышленность. – 1972. – № 4. – С. 12 – 14.
30. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей [Текст] / Б. Б. Генбом и др. – Львов : Выща шк., 1974. – 234 с.
31. Генбом, Б. Б. Методика выбора типа тормозного привода [Текст] / Б. Б. Генбом // Автомобильная промышленность. – 1975. – № 11. – С. 21 – 24.
32. Исследование динамики торможения автомобиля [Текст] / А. Б. Гредескул и др. – Харьков : Изд-во Харьк. ун-та, 1962. – 36 с.
33. Калинин, Ю. М. Исследование импульсного торможения автомобиля [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ю. М. Калинин. – Харьков, 1973. – 24 с.
34. Гуревич, Л. В. Тормозное управление автомобиля [Текст] / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М. : Транспорт, 1978. – 152 с.

Стаття надійшла до редакції 07.11.2016 р.

УДК 629.3.017.5

Н. В. Скляр

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ І ОЦЕНКА ТРЕБОВАНИЙ К УПРАВЛЕННЮ ТОРМОЗАМИ АВТОМОБІЛЯ

Приведен детальний всесторонній аналіз вимог до процесу гальмування автомобільних транспортних засобів (АТС). Углибоко визначені показники для оцінки взаємодії водія і гальмівної системи на різних стадіях гальмування АТС.

К л ю ч е в ы е с л о в а: гальмування, гальмівна система, ефективність.

UDC 629.3.017.5

M. V. Sklyarov

RETROSPECTIVE ANALYSIS AND ESTIMATION OF REQUIREMENTS TO THE MANAGEMENT BY THE BRAKES OF CAR

The detailed comprehensive analysis of requirements to the process of braking of motor-car transport vehicles is resulted. Deeply indexes for estimation of co-operation of driver and brake system on different stages of braking.

K e y w o r d s: braking, braking system, efficiency.

Скляр Микола В'ячеславович – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автомобільної техніки Національної академії Національної гвардії України.