

УДК 629.113.004

*І.А. МАРМУТ*, канд. техн. наук, доц., ХНАДУ, Харків

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ З АБС НА РОЛИКОВИХ СТЕНДАХ

Розглянуто питання діагностування гальмівних систем легкових автомобілів, оснащених антиблокувальними системами. Запропонована удосконалена методика перевірки гальмівних систем з АБС на роликових стендах. На роликовому стенді моделюються умови руху й гальмування, максимально подібні до реальних умов на дорозі, а також здійснюється замір параметрів у процесі діагностування та реєстрація даних, що надходять від електронного блоку керування системи бортової діагностики. Для досягнення ефекту блокування загальмованого колеса стенд обладнаний спеціальними пристроями, що виконують одночасне розвантаження колеса і змочування поверхні роликів спеціальним розчином.

**Ключові слова:** гальмівна система, роликовий стенд, довірча ймовірність, блокування колеса.

**Вступ.** Всі сучасні моделі автомобілів оснащуються АБС, що виключає в процесі гальмування повне блокування коліс і непередбачену траєкторію руху. Перевірка гальмівного керування при наявності АБС, згідно ДСТУ 3649:2010, може бути виконана як у дорожніх умовах, так і на гальмівному стенді [1, 2, 3, 4].

У першому випадку автомобіль, що рухається по рівній горизонтальній дорозі зі швидкістю вище порога відключення АБС (40 км/год), загальмовують однократним натисканням на педаль гальма в режимі екстреного гальмування, визначаючи ефективність гальм і рівномірність їхньої дії по траєкторії руху. При цьому ефективність гальмівної системи (ГС) оцінюють по гальмівному шляху до повної зупинки, а нерівномірність гальмівних сил по колесах – по прямолінійності траєкторії й відсутності слідів «юз» коліс. У другому випадку загальмовані колеса примусово прокручують стендом, одночасно вимірюючи момент або гальмівну силу на них.

На жаль, обидва ці способи недостатньо точні. Так, перевірка в дорожніх умовах не дозволяє вчасно й надійно діагностувати несправності гальмівних механізмів, оскільки автоматичне регулювання ступеня проковзування коліс у напрямку їхнього обертання при справній АБС нівелює погану роботу гальмівних механізмів. Перевірка ж на серійних силових стендах проводиться по черзі для коліс однієї осі, коли колеса іншої осі нерухомі, у зв'язку із чим гідропривід АБС має працювати в «позаштатному» режимі – і тому не працює.

**Аналіз основних досягнень і літератури.** Одним із засобів рішення завдання діагностування ГС автомобілів з АБС є застосування модульного повноопорного інерційного роликового стенда (рис. 1), а також комп'ютеризованого діагностичного комплексу з наступною обробкою отриманих у процесі діагностування даних на ЕОМ із застосуванням системного методу та спеціального програмного забезпечення [5, 6, 7].

Комп'ютеризований діагностичний комплекс складається із двох частин. Механічна частина являє собою модульний повноопорний інерційний роликовий стенд та мотор-тестер або сканер КТС. Комп'ютерна частина складається з персонального комп'ютера відповідної конфігурації та програмного забезпечення.

На роликовому стенді моделюються умови руху й гальмування, максимально подібні до реальних умов на дорозі, а також здійснюється замір параметрів у процесі діагностування та реєстрація даних, що надходять від електронного блоку керування системи бортової діагностики. Керування роботою гальмівного стенда та засобами

технічної діагностики здійснює оператор-діагност. Після первинної обробки отримана інформація вводиться оператором ЕОМ у незалежну комп'ютерну частину для наступного використання як у базі знань (БЗ), так і в базі даних (БД) при розрахунку еталонної моделі об'єкта діагностування.

Для досягнення ефекту блокування загальмованого колеса стенд обладнаний спеціальними пристроями, що виконують одночасне розвантаження колеса і змочування поверхні роликів спеціальним розчином. Однак на практиці такі стенди серійно не випускаються. На силовому стенді таку перевірку здійснити неможливо.

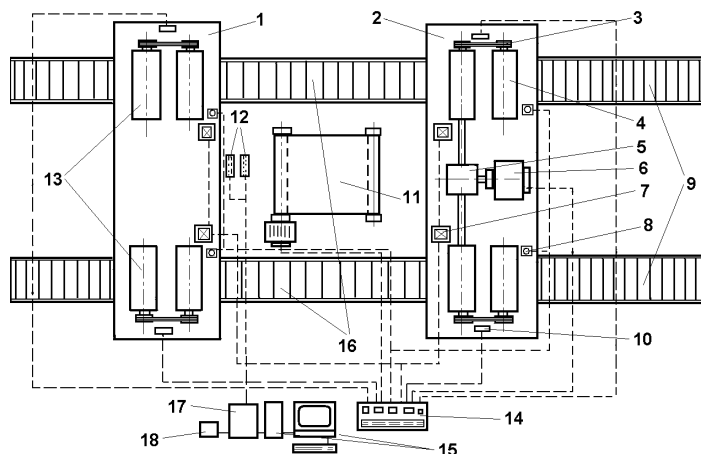


Рисунок 1 – Схема розташування основних елементів комп'ютеризованого діагностичного комплексу на базі модульного повноопорного стенда в режимі діагностування АБС легкового автомобіля: 1 - пасивний роликівий модуль; 2 - активний роликівий модуль; 3 - шквіви з клиноремінною передачею; 4 - ролики активного модуля; 5 - редуктор активного модуля; 6 - електро/гідропривід активного модуля; 7 - пневматичні піднімальні пристрої; 8 - керовані пульверизатори для змочування роликів; 9 - в'їзні апарелі; 10 - система виміру швидкості і гальмівного шляху колеса; 11 – доріжка імітатора руху (у випадку застосування радарного датчика швидкості); 12 – роз'єм підключення діагностичного сканера до АБС і системи бортової самодіагностики; 13 - ролики пасивного модуля; 14 - пульт керування діагностичним стендом; 15 - персональний комп'ютер; 16 - розсувні апарелі; 17 - діагностичний прилад КТС; 18 - принтер

**Мета дослідження, постановка задачі.** З огляду на вищезазначене, пропонується спосіб діагностування, що, як показують експерименти, розширить можливості передбаченої в конструкції АБС системи самодіагностування, тому що включає в програму не тільки алгоритм виявлення несправностей датчиків і електричних кіл, але й механічних пристроїв – гальмівних механізмів і пов'язаних з ними елементів.

Ідея пропонованого способу полягає в тому, що погано працююче гальмо сповільнює обертання колеса менш інтенсивно, чим добре працююче. Інакше кажучи, при гальмуванні автомобіля до грані блокування коліс, коли АБС починає циклічно скидати тиск рідини в гідравлічному приводі гальмівного механізму, колесо з погано працюючим гальмівним механізмом приходить у стан початку блокування останнім.

Правда, тут є одне «але». Блокування колеса визначається не тільки гальмівним механізмом, але й коефіцієнтом зчеплення шини з дорогою, значення якого залежать

від багатьох випадкових факторів – мікропрофілю опорної поверхні, наявності на ній пилу, бруду, вологи, бітуму тощо. Отже, моменти початку «скидання» тиску в приводі гальмівних механізмів теж носять випадковий характер. І, в принципі, може трапитися так, що справне гальмо включить АБС пізніше несправного.

Але це тільки на перший погляд. Досвід свідчить: якщо гальмівні механізми всіх коліс справні, то в повторених кілька разів випробуваннях послідовність початку скидання тиску (воно може бути виявлене підключеним до блоку керування АБС спеціальним тестером) буде визначатися тільки станом дороги під конкретним колесом. Тобто число випадків, коли кожне колесо блокується першим, другим або останнім буде приблизно однаковим. Якщо ж гальмівний механізм якогось колеса несправний, то у випробуваннях почне проглядатися цілком закономірне відставання початку спрацьовування АБС саме на цьому колесі.

А далі, щоб переконатися в статистичній значимості отриманого результату, слід розрахувати коефіцієнт рангової кореляції (конкордації) отриманих у випробуваннях гальмування послідовностей моментів початку спрацьовування АБС [8, 9, 10]. І якщо рангова кореляція є, то гальмівний механізм колеса, що блокується останнім, несправний, а якщо її немає, те й претензій до роботи гальмівних механізмів немає.

#### Матеріали та результати досліджень.

Визначення коефіцієнта рангової кореляції й довірчої ймовірності його значення може виконуватися автоматично тестером по закладеній у ньому розрахунковій програмі. Ефективність цього способу можна проілюструвати на конкретному прикладі – результатах п'ятикратного повторення експериментів екстреного загальмовування з фіксацією тестером послідовностей початку скидання тиску в приводі гальмівних механізмів коліс двох автомобілів (табл. 1).

Як міру зв'язку  $n$  послідовностей рангів з рівним числом  $m$  у кожній послідовності М. Кендалл запропонував розраховувати коефіцієнт  $W$  рангової кореляції за наступною формулою

$$W = \frac{12S_W}{n^2(m^3 - m)}, \text{ де } S_W = \sum_{i=1}^m \left\{ \sum_{j=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2} \right\}^2. \quad (1)$$

У нашому випадку  $n = 5$  – число випробувань гальмування автомобіля, а  $m = 4$  – число його коліс,  $R_{ij}$  – ранг, тобто місце в послідовності моментів початку «скидання» тиску в приводі гальм.

Неважно помітити, що вхідний у формулу параметр  $S_W$ , по суті, являє собою суму відхилень рангів від середнього значення, що при рівноймовірному їхньому розподілі на інтервалі від одиниці до  $m$  дорівнює  $(m+1)/2$ .

Величина  $W$  може варіюватися від нуля до одиниці. При неузгодженому порядку початку «скидання» тиску в приводі гальм і їх рівноймовірному розподілі  $\sum_{j=1}^n R_{ij} \rightarrow \frac{n(m+1)}{2}$  й  $W \rightarrow 0$ , а якщо ранги погоджуються добре, то  $W \rightarrow 1$ .

Виходячи з таблиці 1, коефіцієнт  $W$  для першого автомобіля дорівнює

$$\frac{12S_W}{n^2(m^3 - m)} = \frac{12 \cdot 101}{25(64 - 4)} = 0,808, \text{ а по максимальній величині } \sum_{j=1}^n R_{ij} = 18 \text{ можна вважати,}$$

що найгірший з його гальмівних механізмів – механізм заднього лівого колеса. Найкраще працює – гальмо переднього лівого колеса, тому що саме воно найчастіше спрацьовує першим.

Коефіцієнт  $W$  у другого автомобіля значно менший: він дорівнює  $\frac{12 \cdot 29,09}{25(64 - 4)} = 0,23$ . Менше в нього й розкид значень  $\sum_{j=1}^n R_{ij}$ .

Звичайно, при обмеженому числі експериментів статистично існує ймовірність помилкового висновку про величину коефіцієнта конкордації. Тому, щоб оцінити істотність отриманих результатів, доцільно скористатися спеціальною таблицею (табл. 2) значень критичної суми  $S_{W(p)}$ , наведеною в роботі [8].

Таблиця 1 – Результати експерименту

| № авто-мобіля   | № досліду             | Послідовність «скидання» тиску, m |                     |                    |                   | $S_W = \sum_{i=1}^m S_{W_i}$ |
|---|-----------------------|-----------------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------------------|
|   |                       | Переднє праве колесо              | Переднє ліве колесо | Заднє праве колесо | Заднє ліве колесо |                              |
| 1   | 1                     | 2                                 | 1                   | 3                  | 4                 |                              |
|   | 2                     | 1                                 | 2                   | 3                  | 4                 |                              |
|   | 3                     | 2                                 | 1                   | 4                  | 3                 |                              |
|   | 4                     | 1                                 | 2                   | 4                  | 3                 |                              |
|   | 5                     | 2                                 | 1                   | 3                  | 4                 |                              |
|   | $\sum_{j=1}^n R_{ij}$ | 8                                 | 7                   | 17                 | 18                |                              |
|   | $S_{W_i}$             | 20,25                             | 30,25               | 20,25              | 30,25             | 101                          |
| 2   | 1                     | 3                                 | 1                   | 2                  | 4                 |                              |
|   | 2                     | 1                                 | 4                   | 3                  | 2                 |                              |
|   | 3                     | 2                                 | 1                   | 4                  | 3                 |                              |
|   | 4                     | 1                                 | 2                   | 4                  | 3                 |                              |
|   | 5                     | 2                                 | 3                   | 1                  | 4                 |                              |
|   | $\sum_{j=1}^n R_{ij}$ | 9                                 | 11                  | 14                 | 16                |                              |
|   | $S_{W_i}$             | 12,25                             | 1,56                | 3,03               | 12,25             | 28,09                        |
| Примітка. $S_{W_i} = \left\{ \sum_{j=1}^n R_{ij} - \frac{n(m+1)}{2} \right\}^2$ |                       |                                   |                     |                    |                   |                              |

Таблиця 2 – Оцінка істотності отриманих результатів

| n  | Довірча ймовірність $p = 0,95$ при $m$ |       |       |       |        | Довірча ймовірність $p = 0,99$ при $m$ |       |       |        |        |
|----|--|-------|-------|-------|--------|--|-------|-------|--------|--------|
|    | 3                                      | 4     | 5     | 6     | 7      | 3                                      | 4     | 5     | 6      | 7      |
| 3  |  |       | 64,4  | 103,3 | 157,3  |  |       | 75,6  | 122,8  | 185,6  |
| 4  |  | 49,5  | 88,4  | 143,3 | 217,0  |  | 61,4  | 109,3 | 176,2  | 265,0  |
| 5  |  | 62,6  | 112,3 | 182,4 | 276,3  |  | 80,5  | 142,8 | 229,4  | 343,8  |
| 6  |  | 75,7  | 136,1 | 281,4 | 335,2  |  | 99,5  | 176,1 | 282,4  | 422,6  |
| 8  | 48,1                                   | 101,7 | 183,7 | 299,0 | 453,1  | 66,8                                   | 137,4 | 242,7 | 388,3  | 579,9  |
| 10 | 60,0                                   | 127,8 | 231,8 | 376,7 | 571,0  | 85,1                                   | 175,3 | 309,1 | 494,0  | 739,0  |
| 15 | 89,8                                   | 192,9 | 349,8 | 570,5 | 864,9  | 131,0                                  | 269,8 | 475,2 | 758,2  | 1129,5 |
| 20 | 119,7                                  | 258,0 | 468,5 | 764,4 | 1158,7 | 177,0                                  | 364,2 | 641,2 | 1022,2 | 2521,9 |

Як бачимо, для розглянутого приклада ( $m = 4, n = 5$ ) критичне значення  $S_{W(p)}$  при довірчій ймовірності 0,95 дорівнює 62,6, а при довірчій ймовірності 0,99 – 80,5.

Таким чином, оскільки у першого автомобіля  $S_W = 101$ , а 101 більше 80,5 в 99 випадках з 100, то можна стверджувати, що за результатами діагностування гальмо лівого заднього колеса несправне, робота гальма заднього правого колеса теж неефективна. Претензій же до роботи гальм всіх коліс другого автомобіля немає: адже коефіцієнт  $W$  набагато менше  $S_{W(p)}$ , тобто  $29,09 \ll 80,5$  і  $29,09 < 62,6$ .

**Висновки.** Для реалізації пропонованого способу діагностування гальм автомобіля, обладнаного АБС, необхідно виконати наступне.

1. Увести в діагностичний тестер додаткову опцію, що дозволяє фіксувати моменти початку «скидання» тиску в приводах гальм і запам'ятовувати послідовність цих моментів по всіх колесах.

2. Передбачити в ньому також програму розрахунку коефіцієнта конкордації зафіксованих послідовностей моментів початку «скидання» тиску в приводах гальм по декількох (наприклад, п'ятьох) гальмуваннях і оцінки його довірчої ймовірності.

3. Підключити тестер до блоку керування АБС і відповідно до вимог ДСТУ 3649:2010 виконати встановлене в тестері число випробувань (екстрених гальмувань) автомобіля.

4. Оцінити ефективність гальмівного керування за гальмівним шляхом або усталеним сповільненням автомобіля (при наявності відповідного датчика), а якщо тестер виявить неефективно працюючі гальмівні механізми, за його показниками виявити колеса, що гальмують погано.

**Список літератури:** 1. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання: ДСТУ 3649:2010. – [Введ. 01.07.2011]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 28 с. 2. Говорущенко Н.Я. Системотехніка транспорту (на прикладі автомобільного транспорту). В двох частинах / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Х.: РІО ХГАДТУ, 1998. – 255 с., 219 с. 3. Говорущенко Н.Я. Системотехніка автомобільного транспорту (расчетные методы исследований): монографія / Н.Я. Говорущенко. – Х.: ХНАДУ, 2011. – 292 с. 4. Мармут И.А. Влияние износа шин и деталей тормозных механизмов на точность стендовой проверки тормозов. – Харьков, РІО ХНАДУ / Сб. науч. тр. – 2005. – вып.16. – С. 34-39. 5. Ковинько В.И., Игнатченко К.Е. Компьютерно-экспертный метод диагностирования тормозных АБС // Автомобильный транспорт. – Харьков, РІО ХНАДУ / Сб. науч. тр. –

2001. – вып.13. – С. 43-49. **6. Костенко Ю.Т.** Прогнозирование технического состояния систем управления / Ю.Т. Костенко , Л.Г. Раскин. – Х.: Основа, 1996. – 303с. **7. Архангельский А.Я.** Программирование в С++ Builder 4 / А.Я. Архангельский – М. Бином. – 2000. – 1082 с. **8. Кобзарь А.И.** Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с. **9. Кэндэлл М.** Ранговые корреляции / М. Кэндэлл. – М.: Статистика, 1975. – 416 с. **10. Малкин В.С., Буслаев А.Е.** Диагностирование тормозов автомобиля, оборудованного АБС // Автомобильная промышленность. № 5 – М.: – 2010. – С. 26-28.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Kolisni transportni zasoby. Vymogy shhodo bezpechnosti tehničnogo stanu ta metody kontroljuvannja: DSTU 3649:2010. – [Vved. 01.07.2011]. – Kyiv.: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny, 2011. – 28 p. **2. Govorushhenko N.Ja.** Sistemotehnika transporta (na primere avtomobil'nogo transporta). V dvuh chastjah / N.Ja. Govorushhenko, A.N. Turenko. – Kharkov.: RIO KhGADTU, 1998. – 255 p., 219 p. **3. Govorushhenko N.Ja.** Sistemotehnika avtomobil'nogo transporta (raschetnye metody issledovanij): monografija / N.Ja. Govorushhenko. – Kharkov.: KhNADU, 2011. – 292 p. **4. Marmut I.A.** Vlijanie iznosa shin i detalej tormoznyh mehanizmov na tochnost' stendovoj proverki tormozov. – Kharkov, RIO KhNADU / Sb. nauch. tr. – 2005. – Issue.16. – p. 34-39. **5. Kovin'ko V.I., Ignatchenko K.E.** Komp'juterno-jekspertnyj metod diagnostirovanija tormoznyh ABS. Avtomobil'nyj transport. – Kharkov, RIO KhNADU / Sb. nauch. tr. – 2001. – V. 13. – p. 43-49. **6. Kostenko Ju.T.** Prognozirovanie tehničeskogo sostojanija sistem upravlenija / Ju.T. Kostenko , L.G. Raskin. – Kharkov.: Osнова, 1996. – 303p. **7. Arhangel'skij A.Ja.** Programmirovanie v С++ Builder 4 / А.Я. Arhangel'skij – Moscow. Binom. – 2000. – 1082 p. **8. Kobzar' A.I.** Prikladnaja matematičeskaja statistika. Dlja inzhenerov i nauchnyh rabotnikov / А.И. Kobzar'. – Moscow.: FIZMATLIT, 2006. – 816 p. **9. Kjendjell M.** Rangovyje korreljicii / М. Kjendjell. – Moscow.: Statistika, 1975. – 416 p. **10. Malkin V.S., Buslaev A.E.** Diagnostirovanie tormozov avtomobilja, oborudovannogo ABS Avtomobil'naja promyshlennost'. No 5 – Moscow.: – 2010. – p. 26-28.

Надійшла до редколегії 09.02.2015