

Мармут І.А., Шестов С.О.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ПЕРЕВІРКИ КАНАЛІВ ВИМІРЮВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛІВ НА ІНЕРЦІЙНОМУ РОЛИКОВОМУ СТЕНДІ

В умовах стійкої тенденції збільшення кількості рухомого складу, в першу чергу за рахунок легкових автомобілів індивідуальних власників, потребує у майбутньому підвищеної уваги до контролю технічного стану. Це стосується систем автомобілів, які впливають на безпеку дорожнього руху. Ключовою з таких систем є гальмівна система. Якісну перевірку технічного стану можна здійснити за допомогою інструментальних засобів (стендів). В експлуатаційній діагностиці найбільш розповсюджені силові стенди для діагностування гальмівних систем. Як показують різноманітні дослідження, більш достовірну інформацію про стан гальмівної системи можна отримати за допомогою інерційних роликових стендів.

Також таке обладнання може бути використано у проведенні досліджень. Це пов'язано з тим, що інерційний спосіб діагностування гальмівної системи дозволяє моделювати реальні температурні та швидкісні режими роботи гальмівної системи. Тому питання створенні якісного діагностичного обладнання є актуальним.

Ще одним із аргументів застосування інерційного методу перевірки гальмівних систем на швидкісних стендах є можливість повноцінної перевірки сучасних гальмівних систем, які оснащені ABS.

Інерційний роликовий стенд має інші принципи реалізації та будови вимірювальної системи. Важливим принципом для вимірювальної системи є забезпечення необхідної точності реєстрації діагностичних параметрів. Це також обумовлюється вимогами відповідних стандартів для такого обладнання. Метрологічні характеристики вимірювальної системи роликового стенда обумовлені типом первинного датчика. Крім того, важливим аспектом є питання періодичної метрологічної атестації засобів вимірювальної техніки.

У статті розглянуті методики перевірки каналів вимірювальної системи інерційного роликового стенда, який створений у ХНАДУ на кафедрі технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я. і входить у склад пересувної станції діагностики легкових автомобілів. Основними параметрами, які характеризують стан гальмівної системи є стале уповільнення, час спрацювання, гальмівний шлях, час приведення у дію пристрою для натискання на гальмівну педаль.

Розроблені методики метрологічної перевірки каналів вимірювальної системи дозволяють забезпечити розробку програми періодичної перевірки засобів вимірювальної техніки органами стандартизації.

Ключові слова: роликовий стенд, гальмівна система, стале уповільнення, час спрацювання, гальмівний шлях, метрологічний контроль.

ВСТУП

За останні роки в Україні спостерігається збільшення кількості легкових автомобілів [1]. В основному це здійснюється за рахунок ввезення вживаних транспортних засобів. Це приводить до збільшення середнього віку автомобілів, що рухаються по дорогах країни [2]. В свою чергу питання контролю технічного стану (технічний огляд) для автомобілів індивідуальних власників залишається відкритим з причини воєнного стану. Однак, після закінчення бойових дій, повернення технічного огляду для індивідуальних власників буде відновлено. Для якісного проведення перевірок систем автомобілів, що впливають на безпеку руху потрібне відповідне діагностичне обладнання. Насичення таким обладнанням підприємств автосервісу буде актуальним. Разом зі стаціонарними підприємствами такі роботи можуть виконувати підприємства мобільного сервісу [3]. Для їх оснащення виникає потреба у мобільних стендах, на яких можна виконувати перевірку систем автомобілів, що забезпечують безпеку руху. Особливо це стосується гальмівних систем. Як відомо, якісну перевірку гальмівної системи може забезпечити інерційний роликовий стенд. Він дозволяє моделювати реальні режими роботи гальмівної системи автомобіля [4].

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Кафедра технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я. (ТЕСА) має достатній досвід у розробці роликових стендів інерційного типу [4-6]. Технічні вимоги до стану гальмівної системи колісного транспортного засобу (КТЗ) відображені у ДСТУ 3649:2010 [7]. Згідно цього стандарту перевірка гальмівної системи виконується двома методами: методом дорожніх або стендових випробувань. Безумовно, при інструментальному контролі застосовується стендова перевірка гальмівної системи.

Вимоги до стендів для перевірки гальмівних систем представлені у ДСТУ 3333-96 [8]. Для якісної перевірки параметрів гальмівної системи автомобіля важливо забезпечити необхідну точність

вимірювання (табл. 1).

Таблиця 1 – Вимоги до точності вимірювання параметрів на роликових гальмівних стендах [8]

Назва параметра	Одиниця вимірювання	Границя допустимої основної похибки, %, не більше, для стендів		
		інерційного	силового	інерційно-силового
1. Гальмівна сила колеса	кН	-	± 3,0	± 3,0
2. Уповільнення колеса	м/с ²	± 4,0	-	± 4,0
3. Тривалість спрацювання гальмівної системи	с	± 1,0	± 1,0	± 1,0
4. Тривалість приведення в дію органу керування	с	± 5,0	+ 5,0	± 5,0
5. Зусилля на органі керування	Н	± 2,5	± 2,5	± 2,5
6. Тиск у пневмоприводі	МПа	± 2,5	± 2,5	± 2,5
7. Гальмівний шлях	м	± 1,5	-	± 1,5
8. Швидкість	км/год	± 2,0	-	± 2,0
9. Коефіцієнт нерівномірності гальмівних сил коліс осі	-	± 10,0	± 10,0	± 10,0
10. Загальна питома гальмівна сила	-	± 10,0	± 10,0	± 10,0
11. Асинхронність тривалостей спрацювання гальмівного привода ланок автопоїзда	с	± 5,0	± 5,0	± 5,0
12. Коефіцієнт сумісності ланок автопоїзда	-	± 10,0	± 10,0	± 10,0

На кафедрі ТЕСА ХНАДУ розроблена пересувна станція діагностики легкових автомобілів (ПДС-Л), у склад якої входить інерційний роликовий стенд для діагностування гальмівних систем [4]. Вимірювальна система (ВС) роликового стенда представляє собою імпульсно-цифрову систему вимірювання з фотодатчиком [4, 9-12].

Для забезпечення стабільності та якості вимірювань параметрів гальмівної системи необхідно виконувати періодичний метрологічний контроль ВС [13, 14]. Типові методики оцінки якості вимірювань розглянуті у джерелах [15-20].

Специфічні особливості конструкції ВС роликового стенда, що входить у склад ПДС-Л потребують розробки певних методик перевірки каналів вимірювання наступних параметрів гальмівної системи: сталого уповільнення колеса, часу спрацювання гальмівної системи, гальмівного шляху, тривалість (швидкість) включення пристрою для натискання на педаль гальм.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою роботи є удосконалення методики перевірки каналів ВС інерційного роликового стенда для забезпечення проведення вихідного метрологічного контролю при атестації засобів вимірювальної техніки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі, які полягають у розробці наступних методик:

- метрологічного контролю каналу вимірювання гальмівного шляху
- метрологічного контролю каналу вимірювання показника спрацювання;
- метрологічного контролю каналу вимірювання швидкості включення пристрою натискання на педаль гальма;
- метрологічного контролю каналу формування затримки 0,5с (при вимірюванні показника спрацювання);
- метрологічного контролю каналу вимірювання показника уповільнення.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ВС роликового стенда ПДС-Л реалізована безконтактна система з фотоелектричними датчиками. Елемент, що задає сигнали – встановлений на обертovому валу обтюратор з пазами для фотодатчика (Z – кількість пазів або виступів). Обтюратор – це заслінка, що періодично перекриває світловий потік: проріз обтюратора збуджують на датчику імпульс. Кількість імпульсів відповідає

шляху: $S = Z \cdot \delta S$. Схема ВС роликового стенда представлена на рис. 1 [4].

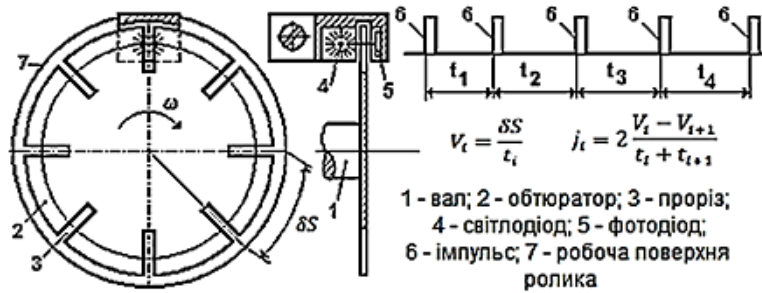


Рисунок 1 – Імпульсно-цифрова ВС роликового стенда ПДС-Л для вимірювання кутової швидкості та прискорення (уповільнення) з фотодатчиком [4]

1. Методика метрологічного контролю каналу вимірювання гальмівного шляху (ГШ)

Методика передбачає імітацію сповільнення руху роликів. Для проведення перевірки необхідні наступні прилади і пристрої: генератор сигналів спеціальної форми Г6-26; частотомір типу ЧЗ-32, ЧЗ-34, ЧЗ-54 або йому подібний; перехідник роз'єму РКМ 10x10 (2 шт.) з відведеннями. Схема перевірки представлена на рис. 2.

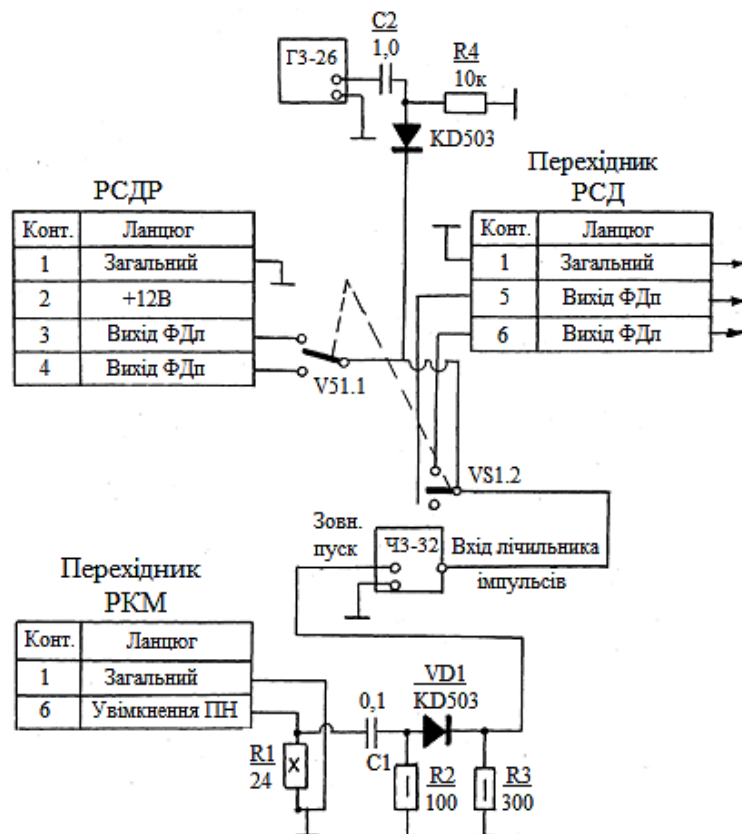


Рисунок 2 – Схема перевірки каналу вимірювання гальмівного шляху: РКМ – роз'єм керування муфтами; РСДР – роз'єм сигналів датчиків (розетка); РСД – роз'єм сигналів датчиків

Метрологічний контроль каналу вимірювання ГШ проводиться методом порівняння показань індикатора пульта стенду і зовнішнього (повіреного) лічильника електричних імпульсів (генератора Г6-26).

Для проведення контролю необхідно провести наступні дії:

- зібрати схему перевірки (см. рис. 2), від'єднавши від стенду роз'єм фотодатчиків;
- встановити на генераторі значення частоти, що перевищує в 1,05 рази значення частоти, що відповідає початку гальмування;
- на пульті встановлюється режим «АВТ.» і «ГАЛЬМУВАННЯ»;

- плавно, але швидко (протягом 1,5 с) зменшити частоту генератора до мінімально можливого значення і переконатися у функціонуванні лічильників;
- записати показання зовнішнього лічильника імпульсів ($N_{обр}$) і лічильника імпульсів вимірника ГШ на пульті ($N_{п}$);
- вимірювання повторити 10 разів і оформити у вигляді табл. 2 по лівому і правому каналам.

Таблиця 2 – Результати перевірки каналу ГШ

Номер заміра	Показання зразкового лічильника $N_{обр}$, імп.	Показання лічильника на пульті $N_{п}$, імп.	Різниця показань $N_{обр} - N_{п}$, імп.	Відносна похибка $\delta_i = \frac{N_{обр} - N_{п}}{N_{обр}}$
--------------	--	---	---	--

Необхідно підрахувати суму показань зразкового лічильника, лічильника пульта і різниць показань лічильників по 10 вимірюванням.

Обчислити середню систематичну похибку показань ГШ на пульті:

$$\bar{\Delta}_{ГШ} = 0,1 \cdot \sum_{i=1}^{10} (N_{обр} - N_{п}). \quad (1)$$

Обчислити середнє квадратичне відхилення (СКВ) показань пульта:

$$\sigma_{\delta} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\delta_i)^2}{9}}. \quad (2)$$

Критерії придатності каналу вимірювання ГШ:

$$|\bar{\Delta}_{ГШ}| \leq 10 \text{ імп.}; \quad \sigma_{\delta} \leq 5. \quad (3)$$

2. Методика метрологічного контролю каналу вимірювання показника спрацьовування (ПС)

ПС за визначенням – це різниця між двома інтервалами часу $t_{поч}$ і $t_{кін} = t_2$. Перший з інтервалів – це період частоти проходження прорізу обтюратора у момент початку гальмування. Він формується ВС при досягненні окружної швидкості роликів одного із значень, що вибирається оператором: 50, 60, 70 або 80 км/год. Другий інтервал (t_2) вимірюється засобами ВС через 0,5с після початку гальмування.

Процедура метрологічного контролю ПС, таким чином, повинна забезпечити метрологічно достовірну імітацію сигналів, формованих фотодатчиками в процесі вимірювання ПС. Метрологічна достовірність імітації може бути забезпечена при виконанні наступних умов:

а) значення початкової частоти імпульсів повинно відповідати одному із значень лінійної швидкості, при якій включається «пневмонога» – пристрій для натискання на гальмівну педаль;

б) період проходження імпульсів фотодатчика $t_{поч}$ або імпульсного сигналу, що імітує сигнали фотодатчика, повинен бути відомий наперед, або зміряний у момент початку гальмування зовнішніми вимірювальними приладами;

в) за час, що не перевищує 0,5с – період проходження імпульсного сигналу, що імітує роботу фотодатчиків, повинен змінитися до величини $t_{кін}$ і бути відомим з метрологічною точністю;

г) процес метрологічного контролю ПС повинен адекватно імітувати роботу стану і його вимірювальної системи не тільки в статичному, але і динамічному режимах.

На підставі вищевикладеного процес метрологічного контролю (МК) каналу вимірювання ПС розбивається на декілька стадій, а саме:

МК каналу включення гальма;

МК каналу формування затримки вимірника ПС (каналу, що формує затримку 0,5с);

МК каналу вимірювання величини $t_{кін}$ і обчислення ПС у вигляді $(t_{кін} - t_{поч})$ (слід врахувати, що у фізично реальній системі завжди $t_{кін} \geq t_{поч}$).

Для реалізації МК каналу вимірювання ПС необхідно зібрати перевірочну схему, представлену

на рис. 3.

2.1 Метрологічний контроль каналу вимірювання швидкості включення пристрою натискання на педаль гальма («пневмоноги»)

Встановити на генераторі «А» значення частоти вихідного сигналу, рівне 1,05 значення частоти імпульсів обтюратора, відповідної вибраної швидкості початку гальмування.

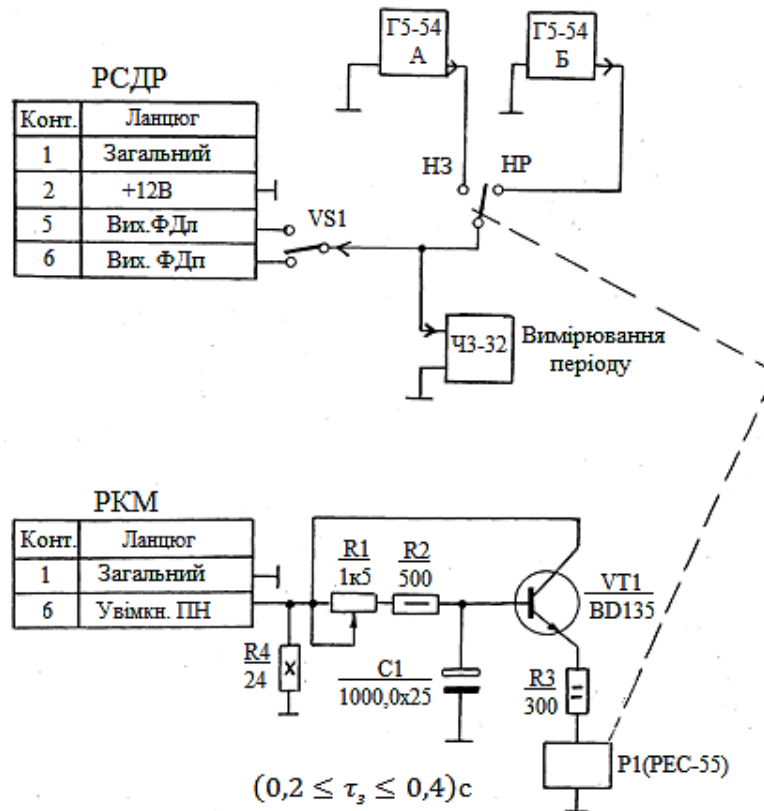


Рисунок 3 – Схема метрологічного контролю каналу ПС

Амплітуда імпульсу повинна складати 10 В; полярність позитивна; тривалість імпульсу:

$$\tau_i = (0,8 \dots 1,5) \tau_{i.обт.розр.} \quad (4)$$

де $\tau_{i.обт.розр.}$ – розрахункова тривалість імпульсу фотодатчика для вибраної швидкості початку гальмування.

Плавню зменшувати частоту сигналу генератора «А» до моменту включення «пневмоноги». Виконати це для всіх значень початкових швидкостей гальмування.

Для кожного із значень початкової швидкості гальмування розрахувати величини:

$$T_{\text{вим.сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^N T_{\text{вим}i}}{N}; \quad (5)$$

$$\Delta \bar{T} = (T_{\text{розр.}} - T_{\text{вим}})_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=1}^N (T_p - T_{\text{вим}i})}{N}. \quad (6)$$

Величина $\Delta \bar{T}$ характеризує систематичну похибку каналу включення у вигляді величини, що описує відхилення значення періоду прорізу обтюратора від розрахункового значення для кожної з вибраної швидкості гальмування.

Випадкова складова похибки в цьому випадку містить дві складові: апаратну і методичну, причому зміряти або оцінити їх по окремоті не представляється можливим. Тому оцінку значення випадкової складової похибки каналу включення гальмування проводити по величині СКВ:

$$\sigma_{\Delta T} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \{(T_p - T_{\text{вим}i}) - \Delta T\}^2}{N-1}}. \quad (7)$$

Прийняти рішення про придатність до експлуатації каналу включення гальмування. Критерії придатності:

$$\frac{\Delta T}{T_p} \leq 0,01; \quad \frac{\sigma_{\Delta T}}{T_p} \leq 0,05. \quad (8)$$

2.2 Метрологічний контроль каналу формування затримки 0,5с (при вимірюванні показника спрацьовування)

Процес МК по цьому пункту полягає у вимірюванні величини затримки, яка повинна мати значення: $t_3 = [(0,500) \pm 0,002] \cdot 10^{-3}$ с.

Ухвалити рішення про придатність каналу до експлуатації по цьому критерію.

2.3 Метрологічний контроль каналу вимірювання величини і обчислення ПС

Виконується у вигляді $(t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}})$.

Встановити на генераторі «А» значення однієї з частот, відповідної вибраної початкової швидкості гальмування.

Встановити на генераторі «Б» вибране значення частоти, що забезпечує виконання умови $0,00014 \leq \left(\frac{1}{f_B} - \frac{1}{f_A}\right) \leq 0,003880$.

Плавню зменшуючи значення частоти генератора «А» добитися включення каналу гальмування і записати показання приладу ЧЗ і вимірювальної системи після зупинки процесу рахунку.

Розрахувати для кожного значення початкової швидкості гальмування абсолютні і відносні похибки, систематичну і випадкову складові: $\Delta_c(\text{ПС})$, $\sigma(\text{ПС})$.

Формули для розрахунку метрологічних характеристик каналу вимірювання ПС:

$$\delta(\text{ПС})_i = \frac{\Delta \text{ПС}_i}{\text{ПС}_{\text{ЧЗ}-\text{ЗЗ}}}; \quad (9)$$

$$\Delta(\text{ПС}) = (\text{ПС}_{\text{ЧЗ}-\text{ЗЗ}} - \text{ПС}_{\text{ВС}}); \quad (10)$$

$$\bar{\delta}(\text{ПС}) = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i(\text{ПС})}{N}; \quad (11)$$

$$\sigma(\text{ПС}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \{\delta(\text{ПС}) - \bar{\delta}(\text{ПС})_i\}^2}{N-1}}; \quad (12)$$

$$\delta_{\sigma}(\text{ПС}) = \frac{\sigma(\text{ПС})}{\text{ПС}_{\text{ЧЗ}-\text{ЗЗ}}}. \quad (13)$$

Прийняти рішення про придатність до експлуатації каналу вимірювання ПС. Критерії придатності:

$$|\Delta(\text{ПС})| \leq 5 \cdot 10^{-6} \text{ с}; \quad \sigma(\text{ПС}) \leq 3 \cdot 10^{-6}. \quad (14)$$

3 Методика метрологічного контролю каналу вимірювання показника уповільнення (ПУ)

За визначенням, ПУ є інтервалом часу між моментами досягнення роликами стенду миттєвих швидкостей $V_{\text{поч}}$ і $V_{\text{кін}}$ зміряних в режимі «ГАЛЬМУВАННЯ». Початкова швидкість гальмування ($V_{\text{поч}}$) і кінцева швидкість ($V_{\text{кін}}$), при якій проводиться відлік значення ПУ, вибираються із значень $V_{\text{поч}} \leq 27$ км/год; $V_{\text{кін}} \geq 6$ км/год.

Проведення метрологічного контролю каналу ПУ проводиться методом порівняння із зразковою мірою, в якості якої використовується електронна метрологічна модель процесів, що мають місце при натурних вимірюваннях ПУ. Для створення метрологічно достовірної моделі зібрати схему (рис. 4), яка забезпечує виконання наступних дій:

- дискретна зміна частоти появи імпульсів, що імітують роботу фотодатчиків, від значення $V_1 \geq 1,05V_{\text{поч}}$ до $V_2 \leq 0,9V_{\text{поч}}$ (процес гальмування роликів);

- імітацію уповільнення з різними його значеннями (можливість регулювання і метрологічного контролю) шляхом комутації значення кінцевої швидкості за відомий інтервал часу, з яким і порівнюється значення ПУ, що відображається на пульті ВС.

Дії по проведенню МК каналу вимірювання ПУ містять наступні операції.

Встановити значення частоти вихідних сигналів генераторів «А», «Б», «В» рівної, відповідно:

$$f_A = 1,05 \cdot 20V_{\text{поч}} \text{ (для } V_{\text{поч}} = 27 \text{ км/год} - f_A = 765 \text{ Гц);}$$

$$0,95 \cdot 20V_{\text{поч}} \leq f_B \leq 1,05 \cdot 20V_{\text{поч}} \text{ (для } V_{\text{кін}} = 6 \text{ км/год} - 513 \leq f_B \leq 126 \text{ Гц);}$$

$$f_B = 0,95 \cdot 20V_{\text{кін}} \text{ (для } V_{\text{кін}} = 6 \text{ км/год} - f_B = 114 \text{ Гц).}$$

Включити пульт, натиснути кнопку «Вим.» (рис. 4) і утримувати її до моменту переключення вимірювальної системи пульта в режим «гальмування – вимірювання ПУ». Після цього відпустити кнопку «Вим.».

Зафіксувати значення ПУ пульта і ПУ зразкового хронометра ЧЗ-34 (рис. 4). Вимірювання повторити не менше 10 разів, варіюючи частотою генераторів «А», «Б», «В», «Г» (значення частоти генератора «Г» обчислюється, як $f_G = \frac{10^3}{\text{ПУ}_{\text{розр.}}}$).

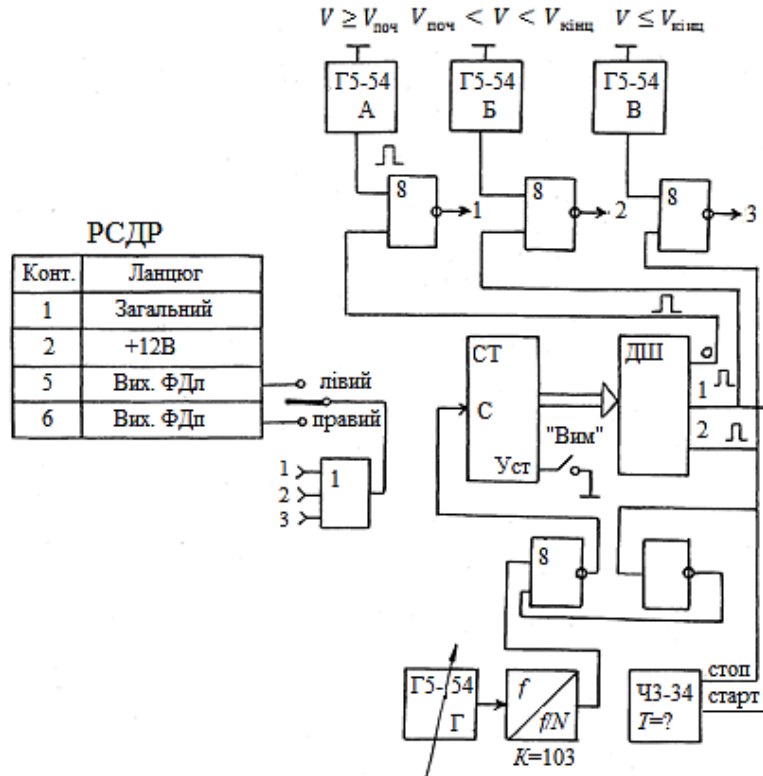


Рисунок 4 – Схема метрологічного контролю каналу ПУ

Повторити виміри для лівого і правого каналів стенду, перемикаючи їх за допомогою тумблера «лівий-правий» (рис. 4).

Розрахувати за даними вимірювань величини:

$$\bar{\delta} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_i}{n}, \quad (15)$$

де δ_i – відносна різниця показань вимірювальної системи і зразкового хронометра, що розрахована як $\delta_i = \frac{\Delta_i}{\text{ПУ}_3}$,

Δ_i – різниця величин $\text{ПУ}_{\text{вс}}$ і ПУ_3 ; ($\text{ПУ}_{\text{вс}}$ – показання індикатора «показник уповільнення» вимірювальної системи пульта, ПУ_3 – показник уповільнення, що відображається на зразковому приладі ЧЗ-34 (рис. 4)).

$$\Sigma_{\text{пу}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n-1}}. \quad (16)$$

Прийняти рішення про придатність каналу вимірювання ПУ до експлуатації. Критерії

придатності:

$$\Sigma_{\text{пу}} \leq 8 \cdot 10^{-3} \text{ с}; \quad \bar{\delta} \leq 0,02. \quad (17)$$

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Інерційний роликовий стенд пересувної діагностичної станції відноситься до категорії експериментального (дослідного) зразка діагностичного обладнання. Він спроектований в результаті науково-дослідних та науково-конструкторських робіт, які виконуються у ХНАДУ на кафедрі технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я. Вимірювальна система роликового стенда відноситься до нестандартних засобів вимірювальної техніки, для яких немає потреби у проведенні державних випробувань. Однак на перспективу таке обладнання може з успіхом використовуватися у проведенні технічних оглядів у складі мобільних станцій діагностики та при проведенні наукових досліджень. Розроблена конструкція стенда може бути передана в експлуатацію та виробництво, як альтернатива серійним силовим гальмівним стендам.

В цьому випадку треба проводити періодичну метрологічну атестацію такого обладнання з метою визначення метрологічних характеристик та встановлення придатності обладнання до застосування [13, 14].

ВИСНОВКИ

1. В умовах тенденції збільшення кількості легкових автомобілів та перспективи повернення періодичного технічного огляду необхідно вдосконалення та розвиток системи, методів та контрольно-діагностичного обладнання для оцінки технічного стану автомобілів у різних умовах їх дислокації та експлуатації.

2. Альтернативою стаціонарним пунктів технічного огляду можуть бути мобільні станції діагностики, які потрібно оснастити якісним обладнанням, до яких відносяться роликові гальмівні стенди інерційного типу. Особливості конструкції такого стенда висувають специфічні вимоги до конструкції вимірювальної системи.

3. В залежності від прийнятих алгоритмів і методик реєстрації діагностичних параметрів необхідно розробляти відповідні методики метрологічного контролю вимірювальної системи.

4. Розроблені методики перевірки каналів вимірювання гальмівних параметрів автомобілів на інерційному роликовому стенді дозволяють розробити програму періодичної метрологічної атестації при проведенні сертифікації обладнання органами Держстандарту України.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Соломаха І., Раскін В. (2023). Аналіз та прогноз розвитку автомобільного парку України: відокремлення реальності від реєстрації та системний погляд на майбутнє. Проблеми і перспективи економіки та управління, 4 (36), 165-173. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2023-4\(36\)-165-173](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2023-4(36)-165-173).

2. На початок 2023 року середній вік автівок в Україні становить 23 роки. URL: <https://skilky-skilky.info/na-pochatok-2023-roku-seredniy-vik-avtivok-v-ukraini-stanovyt-23-roky/>.

3. Павлова І., Самостян В., Дембіцький, В. (2024). Факторний аналіз формування мережі підприємств мобільного автосервісу. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті, 1(22), 269-278. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1369>.

4. Говорущенко М.Я., Волков В.П., Рабінович Е.Х., Мармут І.А., Зуєв В.О. (2009). Роликові стенди для перевірки гальмівних та тягових властивостей автомобілів (теорія, розрахунок та конструювання): монографія. Харків: ХНАДУ, 344 с.

5. Мармут І.А. (2018). Математичні моделі стендової діагностики гальмівних систем автомобілів. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. Луцьк, 2(11), 90-96.

6. Мармут І.А. (2020). Розробка методики повірки системи вимірювання потужності на роликовому стенді пересувної діагностичної станції легкових автомобілів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал ХНТУСГ, 22, 19-26.

7. Колісні транспортні засоби. Вимоги щодо безпечності технічного стану та методи контролювання. ДСТУ 3649:2010. [Чинний від 2011-07-01]. Київ, Держспоживстандарт України, 2011. 28 с. (Національні стандарти України).

8. Стенди роликові для перевірки гальмівних систем дорожніх транспортних засобів в умовах експлуатації. Загальні технічні вимоги. ДСТУ 3333-96. [Чинний від 1997-01-01]. Київ, Держстандарт України, 1996. 11 с. (Національні стандарти України).

9. Measure of Angular Velocity. URL: <https://www.scribd.com/document/255395227/Measure-of->

Angular-Velocity.

10. Alan S. Morris and Reza Langari. (2012). Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-381960-4. DOI <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63052-X>.
11. Ramazan Akkaya, Fatih Alpaslan Kazan. (2020). A New Method for Angular Speed Measurement with Absolute Encoder. Elektronika ir elektrotechnika, ISSN 1392-1215, VOL. 26, № 1. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eie.26.1.25307>.
12. P. Sapkota, N. Pokharel, R. Silwal, S. Chitrakar, H.P. Neopane, B. Thapa. (2023). Rotational Speed Measurement of a Shaft Using Infrared Sensor with NI Data Acquisition system and LabVIEW. Journal of Physics: Conference Series. 2629. 012020. doi:10.1088/1742-6596/2629/1/012020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2629/1/012020/pdf>.
13. Технічний регламент законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 13 січня 2016 р. № 94. Редакція від 27.09.2024. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>.
14. Закон України № 1314-VII «Про метрологію та метрологічну діяльність» від 5 червня 2014 р. Редакція від 15.11.2024. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>.
15. B.D. Hall, M. Kuster. (2021). Metrological support for quantities and units in digital systems. Measurement: Sensors, Volume 18, December, 100102. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100102>.
16. Мирошниченко Ю. (2022). Методика розробки метрологічного забезпечення технічного обслуговування за станом засобів зв'язку. Збірник «Інформаційні технології та безпека», 10(1), 108-121. <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2022.10.1.261191>.
17. Мотало В.П. (2019). Аналіз методик верифікації та калібрування засобів вимірювальної техніки. Вимірювальна техніка та метрологія. 80(1), 51-66. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.01.051>.
18. Володарський Є.Т., Потоцький І.О. (2019). Забезпечення метрологічної надійності вимірювань. Вимірювальна техніка та метрологія, 80(3), 5-9. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.03.005>.
19. Мотало В., Черешневська А. (2018). Аналіз показників якості вимірювань. Вимірювальна техніка та метрологія, 79(2), 35-41. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.02.035>.
20. Поліщук С.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О., Ванько В.М., Бойко Т.Г. (2003). Метрологія та вимірювальна техніка: підручник. Львів: «Бескид Біт», 544 с. ISBN: 966-96071-8-3.

REFERENCES

1. Solomakha I., Raskin V. (2023). Analiz ta prohnoz rozvytku avtomobilnoho parku Ukrainy: vidokremlennia realnosti vid reiestratsii ta systemnyi pohliad na maibutnie. [Analysis and forecast of the development of the automobile fleet of Ukraine: separation of reality from registration and a systemic view of the future]. Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnia. Problems and prospects of economics and management, 4 (36), 165-173. [in Ukrainian]. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2023-4\(36\)-165-173](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2023-4(36)-165-173).
2. Na pochatok 2023 roku serednii vik avtivok v Ukraini stanovy 23 roky. [At the beginning of 2023, the average age of cars in Ukraine is 23 years]. [in Ukrainian]. URL: <https://skilky-skilky.info/na-pochatok-2023-roku-seredniy-vik-avtivok-v-ukraini-stanovy-23-roky/>.
3. Pavlova I., Samostian V., Dembitskyi V. (2024). Faktorny analiz formuvannia merezhi pidpriemstv mobilnoho avtoservisu. [Factor analysis of the formation of a network of mobile car service enterprises]. Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti. Naukovyy zhurnal. Modern technologies in mechanical engineering and transport. Scientific journal, 1(22), 269-278. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.36910/automash.v1i22.1369>.
4. Govorushchenko N., Volkov V., Rabinovich E., Marmut I., & Zuiev V. (2009). Rolykovi stendy dlya perevirky hal'mivnykh ta tyahovykh vlastyvostry avtomobiliv. [Roller stands for testing brake and traction properties of cars (theory, calculation and design)]. Monograph. Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian].
5. Marmut I. (2018). Matematychni modeli stendovoi diahnostryky halmivnykh system avtomobiliv. [Mathematical models of bench diagnostics of car braking systems]. Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti. Naukovyy zhurnal. Modern technologies in mechanical engineering and transport. Scientific journal, 2(11), 90-96. [in Ukrainian]. <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/issue/view/22>.
6. Marmut I. (2020). Rozrobka metodyky povirky systemy vymiriuvannia potuzhnosti na rolykovomu

stendi peresuvnoi diahnostychnoi stantsii lehkovykh avtomobiliv. [Development of a methodology for verifying the power measurement system on a roller stand of a mobile diagnostic station for passenger cars]. Tekhnichniy servis ahropromyslovoho, lisovoho ta transportnoho kompleksiv. Naukovyi zhurnal KhNTUSH. Technical service of agro-industrial, forestry and transport complexes. Scientific journal, 22, 19-26. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.37700/ts.2020.22.19-26>.

7. Kolisni transportni zasoby. Vymohy shchodo bezpechnosti tekhnichnoho stanu ta metody kontroliuvannya. [Wheeled vehicles. Requirements for the safety of the technical condition and control methods]. (2011). DSTU 3649:2010 from 01 July 2011. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukraine [in Ukrainian].

8. Stendy rolykovi dlia perevirky halmivnykh system dorozhnikh transportnykh zasobiv v umovakh ekspluatatsii. Zahalni tekhnichni vymohy. [Roller stands for testing brake systems of road vehicles in operating conditions. General technical requirements]. (1996). DSTU 3333-96 from 01 January 1997. Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian].

9. Measure of Angular Velocity. URL: <https://www.scribd.com/document/255395227/Measure-of-Angular-Velocity>.

10. Alan S. Morris and Reza Langari. (2012). Measurement and Instrumentation. Theory and Application. Butterworth-Heinemann. ISBN 978-0-12-381960-4. DOI <https://doi.org/10.1016/C2009-0-63052-X>.

11. Ramazan Akkaya, Fatih Alpaslan Kazan. (2020). A New Method for Angular Speed Measurement with Absolute Encoder. Elektronika ir elektrotechnika, ISSN 1392-1215, VOL. 26, № 1. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eie.26.1.25307>.

12. P. Sapkota, N. Pokharel, R. Silwal, S. Chitrakar, H.P. Neopane, B. Thapa. (2023). Rotational Speed Measurement of a Shaft Using Infrared Sensor with NI Data Acquisition system and LabVIEW. Journal of Physics: Conference Series. 2629. 012020. doi:10.1088/1742-6596/2629/1/012020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2629/1/012020/pdf>.

13. Tekhnichniy rehlement zakonodavcho rehulovanykh zasobiv vymiriuvanoi tekhniki. [Technical regulation of legally regulated measuring equipment]. (2024, September 27). Ofitsiinyi portal Verkhovnoi Rady Ukrainy. – The official portal of the Verkhovna Rada of Ukraine. [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>.

14. Zakon Ukrainy № 1314-VII «Pro metrolohiu ta metrolohichnu diialnist» vid 5 chervnia 2014 r. [Law of Ukraine № 1314-VII "On metrology and metrological activity" dated June 5, 2014]. (2024, November 15). Ofitsiinyi portal Verkhovnoi Rady Ukrainy. – The official portal of the Verkhovna Rada of Ukraine. [in Ukrainian]. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/94-2016-%D0%BF#Text>.

15. B.D. Hall, M. Kuster. (2021). Metrological support for quantities and units in digital systems. Measurement: Sensors, Volume 18, December, 100102. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100102>.

16. Myroshnychenko Y. (2022). Metodyka rozrobky metrolohichnoho zabezpechennia tekhnichnoho obsluhovuvannya za stanom zasobiv zviazku. [Development methodology of metrological support of maintenance by the technical state of communication means]. Zbirnyk «Informatsiini tekhnologii ta bezpeka». Collection "Information Technology and Security", 10(1), 108-121. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.20535/2411-1031.2022.10.1.261191>.

17. Motalo V. (2019). Analiz metodyk veryfikatsii ta kalibruvannya zasobiv vymiriuvanoi tekhniki. [Analysis of verification and calibration methodologies of measuring instruments]. Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia. Measuring technique and metrology. 80(1), 51-66. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.01.051>.

18. Volodarsky E., Pototskiy I. (2019). Zabezpechennia metrolohichnoi nadiinosti vymiriuvan. [Ensuring metrological reliability of measurements]. Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia. Measuring technique and metrology. 80(3), 5-9. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.03.005>.

19. Motalo V., Chereshevskaya A. (2018). Analiz pokaznykiv yakosti vymiriuvan. [Analysis of the measurement quality indexes]. Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia. Measuring technique and metrology, 79(2), 35-41. [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.02.035>.

20. Polishchuk Ye.S., Dorozhovets M.M., Yatsuk V.O., Vanko V.M., Boiko T.H. (2003). Metrolohiia ta vymiriuvalna tekhnika. [Metrology and measuring technology]. Textbook. Lviv. [in Ukrainian]. ISBN: 966-96071-8-3.

I. Marmut, S. Shestov. Improvement of the method of checking the channels for measuring the braking parameters of vehicles on the inertial roller stand.

In the conditions of a stable trend, the increase in the number of rolling stocks, primarily due to the passenger cars of individual owners, will require increased attention to the control of technical condition in the future. This applies to car systems that affect road safety. The key of such systems is the braking system. A qualitative check of the technical condition can be carried out with the help of tools (stands). In operational diagnostics, power stands for diagnosing braking systems are the most common. As various studies show, more reliable information about the condition of the braking system can be obtained with the help of inertial roller stands.

Also, such equipment can be used in conducting research. This is due to the fact that the inertial method of diagnosing the brake system allows simulating the actual temperature and speed regimes of the brake system. Therefore, the issue of creating high-quality diagnostic equipment is urgent.

Another argument for using the inertial method of checking braking systems on high-speed stands is the possibility of fully checking modern braking systems that are equipped with ABS.

The inertial roller stand has other principles of implementation and structure of the measuring system. An important principle for the measuring system is to ensure the necessary accuracy of registration of diagnostic parameters. It is also determined by the requirements of the relevant standards for such equipment. The metrological characteristics of the measuring system of the roller stand are determined by the type of the primary sensor. In addition, an important aspect is the issue of periodic metrological certification of measuring equipment.

The article examines the methods of checking the channels of the measuring system of the inertial roller stand, which was created at the KhNAHU at the department of technical operation and service of cars named after Govorushchenko M.Ya. and is part of a mobile car diagnostic station. The main parameters characterizing the condition of the braking system are permanent deceleration, activation time, braking distance, and the time of activation of the device for pressing the brake pedal.

The developed methods of metrological inspection of the channels of the measuring system allow for the development of a program of periodic inspection of measuring equipment by standardization bodies.

Keywords: roller stand, braking system, permanent deceleration, activation time, braking distance, metrological control.

МАРМУТ Ігор Арнольдович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: mia2005.62@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>.

ШЕСТОВ Сергій Олександрович, аспірант кафедри технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я., Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: sergey.shestov777@gmail.com.

Ihor MARMUT, Ph. D. in Engineering, Associate Professor of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: mia2005.62@ukr.net. <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>.

Serhii SHESTOV, Postgraduate of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya., Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: sergey.shestov777@gmail.com.

DOI 10.36910/automash.v1i24.1733