

Розробка методики перевірки каналу вимірювання швидкості роликового станду пересувної станції діагностування (ПДС-Л)

Мармут І.А.¹, Горбик Ю.В.¹

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Надійшла: 10.02.2025. Прийнято: 02.05.2025. Опубліковано: 28.05.2025. Відкритий доступ: СС BY 4.0.

Анотація. У статті розглянуто питання метрологічної перевірки вимірювальної системи інерційного роликового станда. Одним із основних параметрів є значення поточної швидкості у контакті колеса автомобіля з роликами станда. Розроблена методика перевірки каналу вимірювання швидкості з використанням фотоелектричного датчика вихідних імпульсів. Ця методика стосується перевірки всіх складових каналу трансляції вихідного сигналу. Розроблена методика перевірки базується на принципах інженерних знань в галузі метрології та засобів вимірювальної техніки. Застосування запропонованої методики перевірки вимірювальної системи дозволяє забезпечити об'єктивність оцінки вимірюваних параметрів та необхідну точність вимірів. Запропонована методика може використовуватися при проведенні метрологічної атестації роликового станда.

Ключові слова: роликовий стэнд, вимірювальна система, діагностичний параметр, швидкість, метрологічний контроль, похибки вимірювання.

Вступ

Повноцінне діагностування технічного стану гальмівних систем, силових агрегатів та трансмісій автомобілів може бути здійснено за допомогою роликових стандів. Найбільшу якість процесу забезпечують роликові станди інерційного типу [1]. Це стосується, насамперед, у здатності такого обладнання відтворювати реальні швидкісні та температурні режими роботи всіх систем автомобілів [2]. Для фіксації діагностичних параметрів на роликових стандах обов'язкова наявність вимірювальної системи (ВС).

ВС роликового станду повинна забезпечувати вимірювання діагностичних параметрів гальмівної системи чи силового агрегату. На відміну від вимірів під час досліджень, діагност повинен перевірити необхідну кількість об'єктів за певний час, тобто забезпечити високу продуктивність. Параметрами є різні фізичні величини: електричні, механічні, теплові, гідравлічні, оптичні. Однак зараз переважну частину параметрів вимірюють електричними методами.

У стандовій діагностиці автомобілів найчастіше об'єктом інтересу є такі параметри (механічні величини): переміщення, швидкість, кутова швидкість, прискорення, сила, момент сили, тиск та ін. При діагностуванні автомобілів на інерційних роликових стандах основним параметром є лінійна (кутова) швидкість.

Аналіз публікацій

Основним елементом ВС роликового станда ПДС-Л є первинний датчик, від якого залежать метрологічні характеристики та точність діагностичного обладнання [1].

У роботі [3] приведений широкий спектр датчиків, які використовуються для вимірювання кутової швидкості (швидкості обертання), включаючи електричні, оптичні та механічні пристрої. Більш поширеними є електричні пристрої вимірювання швидкості: тахогенератори (ТГ) постійного та змінного струму. Особливості вимірювання кутової швидкості за допомогою таких пристроїв описано в роботах [3, 4].

ТГ постійного струму загалом точніше –

сигнал, що отримується з них не вимагає випрямлення і перетворення для подальшого виведення на прилад, що показує. ТГ змінного струму простіше, дешевше та надійніше. ТГ – це невеликий генератор, як правило, з постійними магнітами – вони дають кращу лінійність вихідної характеристики $U = f(\omega)$. Взагалі у вимірювальній техніці завжди прагнуть лінійного зв'язку між вихідним сигналом і вхідним, хоча це не завжди виходить. З розвитком цифрових вимірювальних приладів (ЦВП) для вимірювання шляху і швидкості все частіше використовують імпульсні датчики. У найпростішому вигляді – пара контактів, елемент, що їх замикає (або розмикає) та електричні схеми для рахунку та індикації числа імпульсів. Але контакти ненадійні (залипають, підгорають, ламаються). Зараз використовують безконтактні системи з фотоелектричними або індукційними датчиками. У роботі [5] розглянута система вимірювання швидкості обертання вала за допомогою інфрачервоного датчика із системою збору даних. У роботі [6] розглянутий принцип дії датчика крутного моменту та швидкості обертання для валів у механічних системах на основі резистивної та ємнісної ґраток. У роботі [7] контроль швидкості обертання щіткового двигуна постійного струму здійснюється за допомогою сигналу струму. Робота [8] присвячена питанню вимірювання миттєвої кутової швидкості з використанням якості датчика двофазного n -полюсного генератора змінного струму. У роботі [9] розглянуто впровадження безконтактного вимірювання кутової швидкості на основі фотодатчика. Розглянемо принципи дії деяких систем.

Елемент, що задає сигнали – встановлений на обертовому валу обтюратор з пазами для фотодатчика або феромагнітний диск з виступами (наприклад, шестерня) для індуктивного датчика (Z – кількість пазів або виступів). Обтюратор [лат. obturare закупорювати, закривати вихід] – заслінка, що періодично перекриває світловий потік. Проріз обтюратора чи зуб шестерні збуджують на датчику імпульс. Кількість імпульсів відповідає шляху: $S = Z \cdot \delta S$.

Швидкість визначають дискретно шляхом розподілу кроку прорізів на проміжок часу між двома сусідніми імпульсами: $V_i = \delta S / t_i$. Імпульсні датчики не мають частин, що труться, зручні для цифрової обробки та подання. Однак вони дають східчастий сигнал.

ТГ створюють безперервний сигнал, зате складні, схильні до механічних пошкоджень і, через ковзання щіток по колектору та перескоків з ламелі на ламель, дають високочастотні сплески (завади), які доводиться фільтрувати та згладжувати.

Розглянемо можливість та придатність застосування розглянутих типів датчиків для роликів діагностичних стендів. На діагностичних стендах частіше вимірюють кутове прискорення. Використовують два основні методи: інерційне вимірювання безпосередньо прискорення та диференціювання сигналу швидкості.

Якщо кутову швидкість вимірюють тахогенератором або імпульсним датчиком, сигнал швидкості можна продиференціювати і отримати сигнал, пропорційний кутовому прискоренню (сповільненню). У першому випадку диференціювання виконують електрично за допомогою ланцюжка R - C (рис. 1).

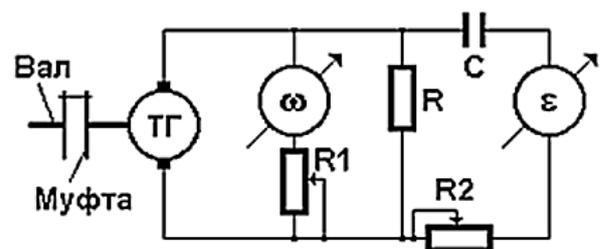


Рис. 1. Аналогова система вимірювання кутової швидкості та прискорення з тахогенератором постійного струму [1]

У аналоговій ВС отримують безперервний сигнал, імпульсної – ступінчастий. В обох випадках доводиться боротися із завадами, які викликані цикловими прискореннями, тобто паразитними прискореннями, що виникають через неточності монтажу.

Або заважає лінійна та кутова неспіввідповідність валів об'єкта та ТГ, або неконцентричність диска та вала. Через це вісь обертання вала та обтюратора не збігається з центром розбиття прорізів, у результаті виникає кругова нерівномірність кроку прорізів δS . Крім того, при нарізанні прорізів неминуче виникають похибки кроку: систематичні та випадкові. При вимірі швидкості це все несуттєво, зате при вимірі прискорення різко проявляється загальна похибка. Загалом, чим менше крок зубів, то менше сходинки на діаграмі. Затє більші кидки вихідної величини, які викликані похибками кроку. Тому доводиться задаватися мінімально можливою кількістю

прорізів. Тобто таким, при якому не втрачається діагностична інформація, наприклад, якісь високочастотні складові процесу.

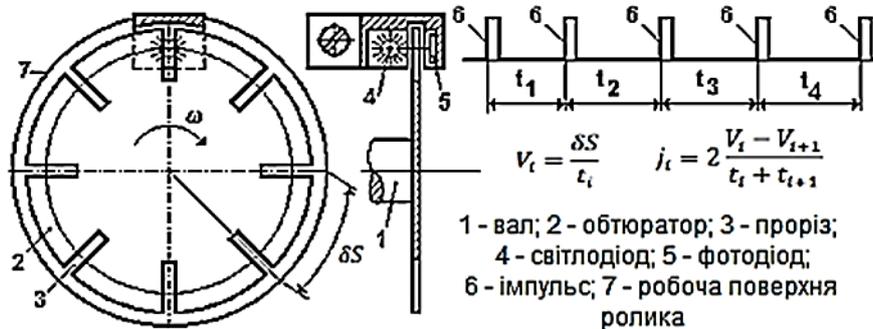


Рис. 2. Імпульсно-цифрова система вимірювання кутової швидкості та прискорення з фотодатчиком роликів ПДС-ЛІ [1]

У розглянутих джерелах немає жодних рекомендацій щодо метрологічної оцінки систем вимірювання кутової (лінійної) швидкості. А питання точності реєстрації діагностичних параметрів є важливим при застосуванні ВС у складі відповідного обладнання. Не вирішені питання та особливості роботи таких датчиків у складі ВС роликів стенда.

Деякі загальні питання метрологічного забезпечення величин та одиниць у цифрових системах розглянуті у роботах [10, 11]. У роботі [12] розглянуто одне із питань стосовно методики перевірки системи вимірювання потужності на роликів стенді. Але для повної метрологічної оцінки ВС роликів стенда цього недостатньо.

Таким чином, при розробці конструкцій роликів діагностичних стендів для автомобілів, виникає потреба приділяти достатню увагу вимірювальним системам, які забезпечують якість і точність перевірки, а також розробці методик метрологічної перевірки каналів такої вимірювальної системи. Це є обов'язковим при метрологічній атестації засобів вимірювальної техніки діагностичного обладнання.

Мета та постановка задачі

Метою роботи є дослідження метрологічних характеристик ВС інерційного роликів стенда та удосконалення методики перевірки каналу вимірювання швидкості, як основного діагностичного параметру.

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

У другому випадку (рис. 2) прискорення визначають для двох сусідніх інтервалів шляху (прорізів, зубів) шляхом обчислень.

- метрологічного контролю системи «ролик – прорізи»;
- метрологічного контролю системи фотодатчиків і каналу трансляції електричних сигналів фотодатчиків;
- метрологічному контролю внутрішніх шкал часу ВС;
- метрологічному контролю каналу вимірювання швидкості.

Методика перевірки каналу вимірювання лінійної швидкості. Загальні положення

Канал вимірювання лінійної швидкості робочих роликів (V_n) представляє собою послідовні ланки перетворювачів вимірювальної інформації. Кожний перетворювач в процесі свого функціонування може бути джерелом виникнення складової інструментальної похибки. Для отримання значень параметрів результуючої похибки каналу вимірювання швидкості необхідно одержати оцінку похибок частин каналу, кожна з яких включає декілька вимірювальних перетворювачів з подальшим підсумовуванням одержаних оцінок за відповідними правилами [13, 14].

У цьому випадку контроль основних складових частин каналу необхідно проводити в наступній послідовності:

- метрологічний контроль геометричних параметрів роликів і прорізів (перетворювачі «швидкість лінійна» → «швидкість кутова» → «частота проходження оптичних прорізів»);
- метрологічний контроль фотодатчиків і каналу трансляції електричних сигналів (перетворювач «частота проходження оптичних

прорізів» → «частота проходження електричних імпульсів струму»;

- метрологічний контроль внутрішніх шкал часу системи вимірювання частоти проходження електричних імпульсів на виході фотодатчиків і системи відображення інформації;

- імітація руху роликів електричними сигналами, що мають необхідні метрологічні характеристики з метою отримання характеристик вимірювального каналу «частота проходження електричних імпульсів» → «значення швидкості на приладі, що показує».

Розглянемо перераховані дії більш детально.

Метрологічний контроль системи «ролик – прорізи»

За допомогою кутового мікроскопа Delta Optical Smart 5MP PRO (точність 0,005 хв) провести контроль точності кроку прорізів обтюратора ($Z = 54$). Вимірювання проводити не менше 5 разів по тому діаметру обтюратора, що відповідає місцю установки фотодатчиків. Скласти протокол вимірювань, куди внести значення абсолютної похибки кроку $\Delta_{щ}$, відносної похибки кроку $\delta_{щ}$ і середнього квадратичного відхилення (СКВ) кроку – $\sigma(\Delta_{щ})$.

Провести вимірювання діаметру роликів за допомогою оптичного довжиноміра ІЗВ-2 в різних точках не менше 15 разів. Результати занести в протокол. Оцінити відносну похибку δ_p перетворення «швидкість лінійна – швидкість кутова», прийнявши як базовий діаметр – $D_p = 0,2387$ м.

Похибка перетворення «лінійна швидкість» → «частота проходження оптичних прорізів» обчислюється за формулою складання похибок від некорельованих джерел [15]:

$$\sigma(\Delta\Sigma) = \sqrt{\sigma^2(\Delta_1) + \sigma^2(\Delta_2) + \dots + \sigma_{\text{вим}}^2}, \quad (1)$$

де $\sigma_{\text{вим}}$ – СКВ процесу вимірювання параметрів прорізу.

Необхідно розрахувати відносну систематичну складову інструментальної похибки функції перетворення «лінійна швидкість» → «частота проходження оптичних прорізів» за формулою:

$$\delta_F = (D_p - \bar{D}) / D_p = 1 - \bar{D} / D_p, \quad (2)$$

де D_p – розрахунковий діаметр ролика, м; \bar{D} – усереднений результат обмірів діаметру ролика, м.

Величина δ_F характеризує відхилення функції перетворення «лінійна швидкість» → «частота проходження прорізів» від розрахункової лінійної залежності $F_{\text{щ,розр.}} = \frac{\pi \cdot D_p \cdot Z}{V_{\text{л}}}$.

Це відхилення, в основному, визначається різницею фактичного усередненого діаметру ролика \bar{D} від розрахункового значення D_p і забезпечує появу систематичної динамічної похибки вимірювання лінійної швидкості $V_{\text{л}}$:

$$\delta V_{\text{л}} = V_{\text{л}} \cdot \delta_F. \quad (3)$$

Величина випадкової складової інструментальної похибки перетворення «лінійна швидкість» → «частота проходження прорізів» залежить від інтервалу усереднювання за числом імпульсів від прорізів і може бути визначена, як результат багатократних вимірювань незалежних величин (момент появи прорізів) з подальшим усередненням:

$$\sigma V_{\text{л}} = \frac{\delta V_{\text{л}}}{Z_{\text{вим}}}, \quad (4)$$

де $Z_{\text{вим}}$ – число прорізів, що використовуються для вимірювання швидкості.

Слід врахувати, що похибка $\sigma V_{\text{л}}$ залежить як від абсолютного значення $V_{\text{л}}$, так і від $Z_{\text{вим}}$. При фіксованому часі усереднення (0,5с) вона збільшується із зменшенням $V_{\text{л}}$.

На підставі результатів аналізу величин, одержаних при виконанні вищевикладеного, робиться висновок про визнання придатності до експлуатації вимірювального перетворювача «лінійна швидкість» → «частота проходження прорізів».

Метрологічний контроль системи фотодатчиків і каналу трансляції електричних сигналів фотодатчиків

Із збільшенням швидкості до максимальних значень тривалість світового імпульсу, що

створюється прорізом, може виявитися сумірною з межею швидкодії як фотодатчика, так і каналу трансляції. Для перевірки швидкодії фотодатчиків необхідно використовувати осцилограф з шириною смуги пропускання каналу вертикального відхилення не менше 10^6 Гц. Схема перевірки швидкодії фотодатчиків стенду представлена на рис. 3.

При перевірці необхідно розігнати ролики до максимально можливої швидкості і почерговим підключенням щупа осцилографа до точок 1 і 2 (рис. 3) провести вимір параметрів електричних сигналів. Оформити у вигляді Таблиці 1.

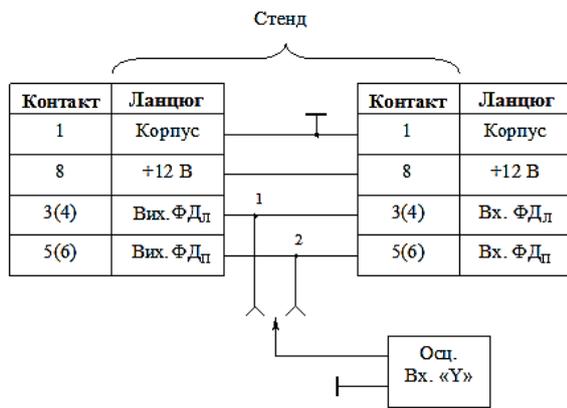


Рис. 3. Схема перевірки швидкодії фотодатчиків

Таблиця 1. Параметри електричних сигналів

Параметр	Одиниця вимірювання	Розрахункова формула
1. Амплітуда	В	-
2. Тривалість, τ	мкс	-
3. Період, T	мкс	-
4. Крутизна переднього фронту	мкс	-
5. Крутизна заднього фронту	мкс	-
6. Скважність розрахункова, Q_p	-	-
7. Скважність фактична, Q_ϕ	-	T / τ
8. Зниження скважності $\Delta Q / Q$	%	$\frac{ Q_\phi - Q_p }{Q_\phi} \cdot 100$

Система фотодатчиків признається годною до експлуатації, якщо $\Delta Q / Q \leq 10\%$ на максимальній вимірюваній швидкості. При цьому величини результатів вимірювань амплітуди,

тривалості, періоду, крутизна заднього і переднього фронтів імпульсів на виході каналу фотодатчиків лежать в межах (0,75...1,25) від розрахункових значень.

Метрологічний контроль внутрішніх шкал часу ВС

Для перевірки швидкодії каналу трансляції електричних імпульсів необхідно зібрати схему (рис. 4).

Дії і параметри, що заміряються, такі ж, як і при попередній перевірці.

Внутрішні шкали часу ВС використовуються для формування сигналів частоти і часу, необхідного при проведенні вимірювань. Основними сигналами часу і частоти є сигнал часу 0,5с (використовується для реєстрації часу спрацьовування гальмівної системи) і частотний сигнал 1 МГц (використовується для заповнення проміжків між імпульсами фотодатчиків – опорна частота).

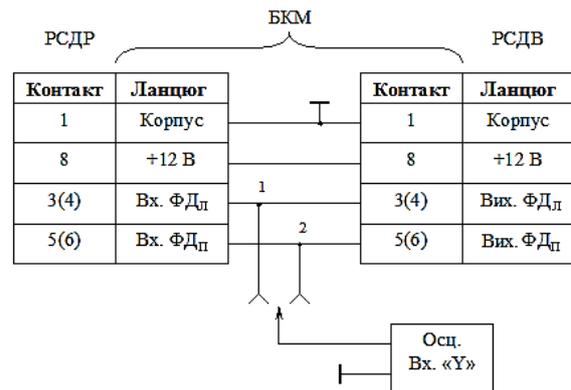


Рис. 4. Схема перевірки каналу трансляції електричних сигналів: БКМ – блок керування муфтами; РСДР – роз'єм сигналу датчиків (розетка), РСДВ – роз'єм сигналу датчиків (вилка)

Перевірку внутрішніх шкал часу і частоти необхідно проводити за допомогою частото-міра-хронометра ЧЗ-34. Підключення цього приладу здійснюється до метрологічних роз'ємів ВС – «1 МГц» і «0,5с – контроль» при включеній ВС. Провести серію вимірювань не менше $N_{\max} \gg 50$ циклів. Записати результати вимірювань значень опорної частоти $f_{\text{вим}}$ і сигналу 0,5с – $T_{0,5}$ у вигляді таблиць. Розрахувати відхилення значень, що замірялися, від номіналів – $\Delta f_{\text{вим}}$ і $\Delta T_{0,5}$.

Розрахунок абсолютних значень система-

тичної складової відхилень вимірюваних величин від номіналу провести за формулами:

$$\Delta_c(f_{\text{вим}}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{max}}} \Delta f_{\text{вим},i}}{N_{\text{max}}}; \quad (5)$$

$$\Delta_c(T_{0,5}) = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{max}}} \Delta T_{0,5i}}{N_{\text{max}}}. \quad (6)$$

Розрахувати відносну систематичну похибку за формулами:

$$\delta(f_{\text{вим}}) = \frac{\Delta_c(f_{\text{вим}})}{10^6}; \quad (7)$$

$$\delta(T_{0,5}) = \frac{\Delta_c(T_{0,5})}{0,5}. \quad (8)$$

Розрахувати СКВ величин від номінала за формулами:

$$\sigma(\Delta f_{\text{вим}}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{max}}} (\Delta f_{\text{вим}})^2}{N_{\text{max}} - 1}}; \quad (9)$$

$$\sigma(T_{0,5}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{max}}} (\Delta T_{0,5i} - 0,5)^2}{N_{\text{max}} - 1}}. \quad (10)$$

За наслідками вимірів і розрахунків зробити висновок про придатність внутрішніх шкал частоти і часу ВС. Критерії придатності:

- за частотою – $\delta(f_{\text{вим}}) \leq 10^{-4}$;
 $\sigma(\Delta f_{\text{вим}}) \leq 250$ Гц;

- за часом 0,5с – $\delta(T_{0,5}) \leq 10^{-4}$;
 $\sigma(\Delta T_{0,5}) \leq 10^{-3}$ с.

Метрологічний контроль каналу вимірювання швидкості

Для проведення цього контролю необхідні генератор імпульсів Г5-54 і частотомір ЧЗ-32. Схема перевірки представлена на рис. 5.

РСДР

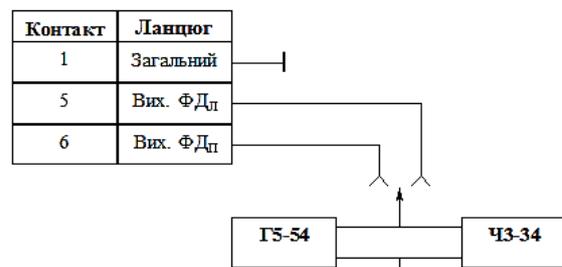


Рис. 5. Схема перевірки каналу вимірювання швидкості: РСДР – роз'єм сигналу датчиків (розетка)

Органами управління генератором Г5-54 встановити параметри вихідного сигналу відповідно до Таблиці 2.

За даними Таблиці 2 розрахувати:

а) абсолютну систематичну динамічну складову основної похибки каналу вимірювання швидкості:

$$\Delta_{c(i)} = V_{\Pi_i} - V_{\text{к}_i}; \quad (11)$$

Таблиця 2. Параметри вихідного сигналу

Швидкість, що контролюється, км/год	10	20	50	80
Показання ЧЗ-32: частота проходження $V_{\text{к}_i}$, імпл/с	200	400	1000	1600
Полярність	П	П	П	П
Тривалість імпульсу, мкс	50	25	10	6
Показання вимірювальної системи V_{Π_i} , км/год	10	20	50	80

б) середню відносну складову систематичної похибки каналу:

$$\delta_c = \sum_{i=1}^K \frac{\Delta_{c(i)}}{V_{\text{к}_i}}; \quad (12)$$

в) середньоквадратичне відхилення похибки каналу:

$$\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^K (V_{\Pi_i} - V_{\text{к}_i})^2}{K - 1}}. \quad (13)$$

Критерії придатності каналу вимірювання швидкості: $\delta_c \leq 0,05$; $\sigma_V \leq 2$ км/год.

Всі вимірювання і розрахунки провести незалежно для лівого і правого каналів.

Висновки

Виконані дослідження дозволяють оцінити спроможність вимірювальної системи інерційного роликівого стенду забезпечувати:

- об'єктивність оцінки вимірюваних параметрів;
- мінімальний час, необхідний для проведення діагностичних операцій;
- стабільність вимірів;
- простоту і доступність для обслуговуючого персоналу;
- необхідну точність вимірів.

Запропонована методика перевірки каналу вимірювання швидкості на роликівому стенді забезпечує здійснення контролю за обладнанням, яке передбачає виконання технологічного процесу діагностування параметрів стану систем автомобілів за усіма вимогами заданих режимів, передбаченими регламентом. За необхідності можуть виконуватися ремонт і налагоджування засобів вимірювання. Це дозволяє забезпечити єдність вимірювань діагностичних параметрів та забезпечити необхідну точність.

3. В якості перспективи подальших досліджень передбачається розробка методик перевірки каналів вимірювання усталеного сповільнення, гальмівного шляху та часу спрацювання гальмівної системи автомобілів.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що немає конфлікту інтересів щодо публікації цієї статті.

Література

1. Говорущенко М.Я., Волков В.П., Рабінович Е.Х., Мармут І.А., Зуєв В.О. (2009). Роликіві стенди для перевірки гальмівних та тягових властивостей автомобілів (теорія, розрахунок та конструювання): монографія. Харків: ХНАДУ, 344 с. Govorushchenko N., Volkov V., Rabinovich E., Marmut I., & Zuev V. (2009). Rolykovi stendy dlya perevirky hal'mivnykh ta tyahovykh vlastyvostey avtomobiliv. [Roller stands for testing brake and traction properties of cars (theory, calculation and design)]. Monograph. Kharkov: KhNAHU [in Ukrainian].
2. Мармут І.А., Кашканов В.А., Зуєв В.О. (2024). Дослідження режимів розгону автомобіля Skoda Octavia на роликівому стенді. Вісник машинобудування та транспорту. Науковий журнал. Вінниця, 1(19), 75-84. Marmut I., Kashkanov V., Zuev V. (2024). Doslidzhennia rezhymiv rozgonu avtomobilia Skoda Octavia na rolykovomu stendi. [Research of acceleration modes of Skoda Octavia on a roller stand]. Visnyk mashynobuduvannia ta transportu. Naukovyy zhurnal. Bulletin of Mechanical Engineering and Transport. Scientific journal, 1(19), 75-84. [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-75-84>.
3. Measure of Angular Velocity. URL: <https://www.scribd.com/document/255395227/Measurement-of-Angular-Velocity>.
4. Ramazan Akkaya, Fatih Alpaslan Kazan. (2020). A New Method for Angular Speed Measurement with Absolute Encoder. Elektronika ir elektrotehnika, ISSN 1392-1215, VOL. 26, № 1. <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eie.26.1.25307>.
5. 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>.
6. Changxin Chen, Tiehua Ma, Hong Jin, Yaoyan Wu, Zhiwei Hou, Fan Li. (2020). Torque and rotational speed sensor based on resistance and capacitive grating for rotational shaft of mechanical systems, Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 142, p. 106737. doi: 10.1016/j.ymssp.2020.106737
7. Qi Zhang, Bin Wen, Yongling He. (2021). Rotational speed monitoring of brushed DC motor via current signal, Measurement, Volume 184, p. 109890. doi:10.1016/j.measurement.2021.109890 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224121008307>.
8. Mihaïta Horodincea, Ionut Ciurdea, Dragos-Florin Chitariu, Adriana Munteanu, Mihai Boca. (2020). Some approaches on instantaneous angular speed measurement using a two-phase n poles AC generator as sensor, Measurement, Volume 157, p. 107636. doi:10.1016/j.measurement.2020.107636 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224120301731>.
9. Amir Abu_Al_Aish, Wael Salah, Mohammad Ahmed, Mohd. Alrashdan, Wael AL-Sawalmeh. (2021). Implementation of Contactless angular Speed Measurement Based on Photo Sensor. Przegląd elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 97 NR 3/2021, p. 80-83. doi:10.15199/48.2021.03.15
10. B.D. Hall, M. Kuster. (2021). Metrological support for quantities and units in digital systems. Measurement: Sensors, Volume 18, p. 100102. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2021.100102>.
11. Мирошніченко Ю. (2022). Методика розробки метрологічного забезпечення технічного обслуговування за станом засобів зв'язку.

- Збірник «Інформаційні технології та безпека», 10(1), 108-121. Myroshnychenko Y. (2022). Metodyka rozrobky metrolohichnoho zabezpechennia tekhnichnoho obsluhovuvannia 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>.
12. Мармут І.А. (2020). Розробка методики перевірки системи вимірювання потужності на роликовому стенді пересувної діагностичної станції легкових автомобілів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал ХНТУСГ, 22, 19-26. Marmut I. (2020). Rozrobka metodyky povirky systemy vymiryuvannia 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>.
13. T. Bubela, V. Yatsuk, M. Mykyjchuk, O. Kochan, Yu. Yatsuk. (2024). Ensuring uniformity of measurements in the European Metrology Cloud. Ukrainian Metrological Journal, 2024, № 1, 11-16. [in Ukrainian]. [doi:10.24027/2306-7039.1.2024.300869](https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2024.300869)
<http://umj.metrology.kharkov.ua/article/view/300869/293020>.
14. Жихарев В.М., Павлишин Р.Є. (2020). Основи метрології та стандартизації. Цикл лекційних і практичних занять. Навчально-методичний посібник. Ужгород: ТОВ "ПІК-У", 280 с. Zhykhariev V.M., Pavlyshyn R.Ie. (2020). Osnovy metrolohii ta standartyzatsii. Tsykl lektsiinykh i praktychnykh zaniat. [Fundamentals of metrology and standardization. Cycle of lectures and practical classes]. Educational and methodological manual. Uzhhorod. [in Ukrainian]. ISBN 978-617-7868-31-5.
15. Володарський Є.Т., Кошева Л.О., Потоцький І.О. (2021). Методи калібрування засобів вимірювальної техніки в умовах експлуатації: монографія. Вінниця. 162 с. Volodarskyi Ye.T., Kosheva L.O., Pototskyi I.O. (2021). Metody kalibruvannia zasobiv vymiryvalnoi tekhniki v umovakh ekspluatatsii. [Methods for calibrating measuring instruments in operating conditions]. Monograph. Vinnytsia. [in Ukrainian].
- Мармут Ігор Арнольдович**¹, к.т.н., доц. каф. технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я., тел. +38 063-476-42-30, e-mail: mia2005.62@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>.
- Горбик Юрій Васильович**¹, к.т.н., доц. каф. технічної експлуатації і сервісу автомобілів ім. Говорущенко М.Я., тел. +38 099-617-01-06, e-mail: yuragorbik@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6876-8428>.
- ¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Development of a method for checking the speed measurement channel of the roller stand of a mobile diagnostic station (MDS-C)

Abstract. Problem. Today, the problem of monitoring and diagnosing the technical condition of rolling stock from the point of view of traffic safety is one of the most urgent. This control is especially important for systems whose technical condition affects traffic safety, primarily the braking system. It is possible to carry out a qualitative check of the specified car systems with the help of appropriate equipment. Such equipment includes roller stands. You can get reliable information about the condition of the car's braking system when diagnosing it on inertial type roller stands. One of the main parameters is the value of the current speed. **Goal.** The purpose of the work is to study the metrological characteristics of the measuring system of the roller stand and to improve the method of checking the speed measurement channel. **Methodology.** Analytical research methods were used to develop a method of checking the linear speed measurement channel of an inertial roller stand, based on the principles of engineering knowledge in the field of metrology and measuring equipment. The results of analytical studies allow comparison with the results of experiments obtained during the operation of the roller stand of the mobile diagnostic station. **Results.** Developed methods of metrological control of the channel for measuring the linear speed of an inertial roller stand: control of the "roller – slots" system; control of the photosensor system and photosensor electrical signal transmission channel; control of internal time scales of the measuring system. **Originality.** In the practice of instrumental diagnostics of the technical condition of cars, low-speed brake stands of the power type are used. These stands have differences in the structure of measuring systems compared to high-speed inertial stands. In the article, the methods of metrological verification of the measuring system of such an inertial stand are improved, taking into account the minimization of errors in the diagnosis of brake systems and the design features of the stand (diameter of rollers and primary

speed sensor). **Practical value.** The application of the proposed method of checking the measuring equipment allows to ensure: objectivity of the assessment of the measured parameters; the minimum time required for diagnostic operations; stability of measurements; simplicity and accessibility for service personnel; required accuracy of measurements. In addition, the proposed method can be used when conducting metrological certification of a roller stand.

Key words: roller stand, measuring system, diagnostic parameter, speed, metrological control, measurement errors.

Marmut Ihor¹, Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya.,
tel. +38 063-476-42-30,
e-mail: mia2005.62@ukr.net,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4661-1336>.

Gorbik Yuriy¹, Ph.D. in Engineering, Assoc. Prof. of Technical Operation and Service of Cars Department named after Govorushchenko M.Ya.,
tel. +38 099-617-01-06,
e-mail: yuragorbik@gmail.com,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6876-8428>.

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.