

УДК 629.33:658.56

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).2.274-283](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).2.274-283)**А. А. Сергійчук, В. В. Аулін**, проф., д-р техн. наук,**А. В. Гриньків**, ст. дослідник, канд. техн. наук, **Є. М. Козаченко***Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна**e-mail: AulinVV@gmail.com*

Міжлабораторні випробування як ефективний інструмент підвищення якості діагностики технічного стану колісних транспортних засобів у системі ISO 9001

В статті представлено результати дослідження міжлабораторних випробувань як ефективного інструменту підтвердження якості діагностики технічного стану колісних транспортних засобів. Діагностика проводилась у межах сучасних систем управління якістю, побудованих відповідно до вимог стандартів ISO 9001:2015, ISO/IEC 17025:2019 та ISO/IEC 17043:2023. При цьому підвищується достовірність, стабільність та відтворюваність результатів випробувань, що виконуються на станціях технічного контролю, шляхом впровадження стандартизованої процедури міжлабораторних вимірювань.

Дослідження проведені на базі тринадцяти випробувальних дільниць підприємств ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомотодіагностика» Кіровоградської області. В якості еталонного об'єкта застосовано колісний транспортний засіб категорії N3 – DAF XF 105. У роботі детально описано всі етапи організації міжлабораторних випробувань відповідно до циклу PDCA: планування програми, уніфікація методик, калібрування вимірювального обладнання, навчання персоналу, виконання вимірювань, обробка результатів і реалізація коригувальних дій. Для аналізу узгодженості результатів використано статистичні методи згідно Стандартів ISO 13528 та ISO 5725. Здійснювали перевірку викидів бази даних за критерієм Граббса, а також визначали робастні середні значення із відповідними стандартними відхиленнями.

Отримані результати засвідчили високу повторюваність і відтворюваність вимірювань: розбіжності між дільницями міжлабораторних випробувань не перевищили 3,5 %, що свідчить про стабільність метрологічної простежуваності та належний рівень компетентності випробувальних лабораторій. Виявлені відхилення щодо димності та шуму були усунуті через калібрування обладнання та повторне інструктажне навчання персоналу, що підтвердило дієвість коригувальних заходів. Доведено, що застосування міжлабораторних випробувань підвищує довіру до результатів діагностики технічного стану колісних транспортних засобів та формує основу для впровадження регіональної бази даних контрольних вимірювань, яка може використовуватися для довгострокового моніторингу якості технічного контролю.

Запропонований підхід демонструє практичну цінність інтеграції міжлабораторних випробувань у систему управління якістю на станціях технічного обслуговування та може бути використаний як модель для побудови національної системи оцінювання компетентності випробувальних дільниць та підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні.

стандарт ISO 9001, Стандарт ISO/IEC 17025, міжлабораторні випробування, DAF, PDCA, технічний контроль, метрологічна простежуваність, якість вимірювань

Постановка проблеми. Підвищення рівня безпеки дорожнього руху вимагає впровадження сучасних методів контролю технічного стану колісних транспортних засобів (КТЗ) [1]. Надійність та стабільність результатів діагностики КТЗ залежить від кваліфікації персоналу, якості вимірювального обладнання [2] та ефективності системи управління якістю [3,4].

Відповідно до вимог міжнародних стандартів ISO 9001:2015 [5] і ISO/IEC 17025:2019 [6], об'єктивна оцінка точності вимірювань досягається шляхом участі у міжлабораторних випробуваннях (МЛВ), які дозволяють підтвердити технічну компетентність, узгодженість результатів та метрологічну простежуваність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методологічну основу міжлабораторних випробувань і перевірки професійного рівня випробувальних підрозділів становлять міжнародні стандарти серії ISO [5-7]. Стандарт ISO/IEC 17043:2023 [8] визначає загальні вимоги до провайдерів програм перевірки професійного рівня. Він гармонізований із вимогами ISO/IEC 17025 [9] та ISO 13528 [10] і фактично задає «рамку» для побудови будь-якої системи міжлабораторних випробувань.

Спеціалізований стандарт ISO 13528:2022 [7] деталізує статистичні методи, що застосовуються під час розроблення та аналізу схем перевірки професійного рівня за допомогою міжлабораторних випробувань [11,13]. В роботах [13,14] описано підходи до встановлення призначеного значення, використання робастної статистики, розрахунку показників результативності, наведена методика виявлення викидів значень вимірювальних величин і формування висновків для учасників та органів з акредитації. Серія стандартів ISO 5725-1:2019; ISO 5725-2:2021 [6] доповнює цю базу, визначаючи поняття точності, правильності та прецизійності методів вимірювань, а також надаючи базову методику оцінювання повторюваності та відтворюваності результатів. Розглянуті стандарти [5-10,15] формують узгоджену міжнародну основу для планування, проведення та статистичної обробки міжлабораторних випробувань у будь-якій галузі, включно з технічним контролем стану КТЗ.

Практичне втілення цих підходів у сфері контролю викидів від гальмівних систем продемонстровано в циклі робіт, виконаних спільною дослідницькою групою під егідою Particle Measurement Programme (PMP). У роботі [13] проведено глобальне міжлабораторне дослідження масових викидів твердих частинок від гальмівних систем (PM) на основі уніфікованого стендового циклу WLTP-Brake [11]. Дослідження охопило 16 лабораторій у Європі, Азії та США й дозволило оцінити як повторюваність у межах окремих лабораторій, так і відтворюваність між різними установами, виявивши ключові джерела розбіжностей (втрати частинок у тракті, особливості конструкції стенда, відмінності в реалізації циклу тощо). Продовженням цієї роботи стала стаття [12], присвячена оцінюванню кількості частинок в рамках тієї ж міжлабораторної програми. Автори показали, що розкид твердих частинок за показником між лабораторіями для одного й того самого гальма досягає коефіцієнта $2,5 \pm 0,5$, що порівнянно з результатами міжлабораторних випробувань викидів із вихлопу, та сформулювали рекомендації для майбутнього глобального технічного регламенту щодо зменшення варіабельності вимірювань.

Робота [13] присвячена статистичній оцінці та температурному аналізу відтворюваності циклу WLTP-Brake у восьми випробувальних центрах Європи та США. Дослідження показало, що коректна реалізація гальмівного циклу (швидкісні режими, температурні умови, охолодження) є критичним чинником для отримання зіставних результатів між лабораторіями й безпосередньо впливає на відтворюваність, яка далі оцінюється за методологією стандартів ISO 5725 та ISO 13528.

На основі цих міжлабораторних досліджень Комітет UNECE підготував документ GRPE-87-40e про валідацію циклу WLTP-Brake через міжлабораторне дослідження точності [14], який став частиною обґрунтування нового глобального технічного регламенту (UN GTR) із лабораторного вимірювання викидів від гальмівних систем. Таким чином, праці [11-14] демонструють повний цикл: від розроблення методики, її міжлабораторної перевірки на основі ISO 17043, ISO 13528 та ISO 5725, до закріплення отриманих рішень у нормативному полі UN GTR.

Важливий приклад інтеграції міжлабораторних випробувань у систему технічного контролю дорожніх транспортних засобів на національному рівні подає

Китай. Стандарт GB/T 42685-2023 Safety Technical Inspection of Motor Vehicles [16] закріплює застосування міжлабораторних порівнянь у системі безпекових технічних оглядів КТЗ, вводячи визначення “proficiency testing” і “inter-institution comparison” як механізм порівняння результатів різних інспекційних органів на одному й тому самому КТЗ. Це фактично нормативне впровадження концепції «еталонного транспортного засобу» для перевірки узгодженості результатів техогляду між різними випробувальними дільницями, що повністю відповідає підходам ISO/IEC 17043 та ISO 13528.

На цьому тлі вітчизняні дослідження [3,4,17,18] зосереджені на побудові сучасної системи управління якістю технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів та підвищенні ефективності системи ТО й рівня безпеки експлуатації КТЗ. У роботах [3, 14,17,18] обґрунтовано доцільність впровадження процесного підходу, ризик-орієнтованого управління та застосування кількісних критеріїв оцінювання ефективності системи ТО, що створює методологічне підґрунтя для інтеграції міжлабораторних випробувань як інструмента контролю компетентності випробувальних дільниць і достовірності результатів технічного контролю. Хоча в працях [3, 4] безпосередньо не регламентовано процедури PT/ILS, але закладені підходи до побудови систем управління якістю та оцінювання результативності процесів повністю корелюють із вимогами стандартів [6,7,15] і можуть бути адаптовані для створення національної моделі міжлабораторних порівнянь у сфері обов’язкового технічного контролю.

Узагальнюючи викладене, можна зазначити, що міжнародні стандарти формують цілісну нормативно-методичну базу для організації міжлабораторних випробувань, а проаналізовані праці демонструють успішне практичне застосування цих вимог під час розроблення й валідації методик вимірювання викидів від гальмівних систем та їх подальшої регламентації у вигляді глобальних технічних регламентів. Китайський стандарт [16] засвідчує можливість прямого закріплення механізмів PT/ILS у національному законодавстві з технічного контролю КТЗ. Водночас наші дослідження [3, 4, 17, 18] формують основу для адаптації таких підходів у системі управління якістю технічного обслуговування і ремонту КТЗ, але потребують подальшого розвитку у напрямі створення цілісної моделі міжлабораторних випробувань з використанням еталонних транспортних засобів та статистичних методів для оцінювання повторюваності та відтворюваності результатів.

Постановка завдання. Метою роботи є вдосконалення системи управління якістю станцій технічного обслуговування (СТО) шляхом впровадження міжлабораторних випробувань як інструменту оцінювання стабільності результатів діагностики КТЗ.

Для реалізації поставленої мети дослідження в роботі розв’язуються наступні завдання:

1. Розробити процедуру проведення міжлабораторних випробувань відповідно до Стандарту ISO/IEC 17043.
2. Провести практичні міжлабораторні випробування на автомобіль DAF категорії N3, як еталонного транспортного засобу.
3. Оцінити узгодженість результатів між випробувальними дільницями підприємств ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомотодіагностика».
4. Застосувати цикл PDCA для вдосконалення системи управління якістю.
5. Сформулювати пропозиції для створення регіональної бази результатів міжлабораторних випробувань транспортних засобів.

Виклад основного матеріалу. Міжлабораторні випробування проводилися у

серпні-вересні 2025 року на базі лабораторій підприємств ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомобільна діагностика», які розташовані по всій території Кіровоградської області.

До випробувань залучено тринадцять випробувальних дільниць (табл. 1).

Таблиця 1 – Перелік випробувальних дільниць і графік проведення міжлабораторних випробувань

№	Підприємство	Дата проведення	Випробувальна дільниця	Адреса проведення
1	ТОВ «Автодіагностика»	25.08.2025	Лабораторія № 7	26300, м. Гайворон, вул. Гайворонська, 1-Д
2	ТОВ «Автодіагностика»	25.08.2025	Лабораторія № 6	26400, м. Благовіщенське, вул. Промислова, 53
3	ТОВ «Автомобільна діагностика»	26.08.2025	Лабораторія № 4	26100, смт. Новоархангельськ, вул. Центральна, 111
4	ТОВ «Автомобільна діагностика»	27.08.2025	Лабораторія № 2	27100, м. Новоукраїнка, вул. Героїв-рятувальників, 23
5	ТОВ «Автомобільна діагностика»	28.08.2025	Лабораторія № 8	27200, м. Бобринець, вул. Каштанова, 2а
6	ТОВ «Автомобільна діагностика»	28.08.2025	Лабораторія № 3	28500, м. Долинська, вул. Соборності України, 70
7	ТОВ «Автодіагностика»	29.08.2025	Лабораторія № 5	27500, м. Кропивницький, вул. Лавандова, 27-А
8	ТОВ «Автомобільна діагностика»	29.08.2025	Лабораторія № 1	25030, м. Кропивницький, вул. Лавандова, 27-А
9	ТОВ «Автодіагностика»	01.09.2025	Лабораторія № 1	27406, м. Знам'янка, вул. В. Голого, 95ж
10	ТОВ «Автомобільна діагностика»	01.09.2025	Лабораторія № 6	22800, м. Олександрія, просп. Будівельників, 39Б
11	ТОВ «Автомобільна діагностика»	02.09.2025	Лабораторія № 7	27330, смт. Олександрівка, вул. Вишнева, 16г
12	ТОВ «Автодіагностика»	03.09.2025	Лабораторія № 4	27500, м. Світловодськ, вул. Єгорова, 77
13	ТОВ «Автомобільна діагностика»	04.09.2025	Лабораторія № 5	26000, м. Новомиргород, вул. Толстого, 27

Джерело: розроблено авторами

За еталонний об'єкт дослідження взято вантажний автомобіль DAF категорії N3 із дизельним двигуном.

Випробування КТЗ виконували за такими показниками:

- гальмівна сила КТЗ, Н;
- димність відпрацьованих газів автомобілів з дизелями та газодизелями, м⁻¹;
- рівень зовнішнього шуму на нерухомому КТЗ, дБА;
- сила світла фар, що працюють в режимі «ближнє світло», кд;
- сила світла фар, що працюють в режимі «дальнє світло», кд;

- силу світла протитуманних фар, кд;
- світлопропускання скла, %;
- сумарний кутовий проміжок рульового керування (сумарний люфт керма),°;
- висота рисунка протектора шини, мм;
- маса КТЗ, кг;
- маркування знаком офіційного затвердження;
- оцінка розширеної невизначеності (де застосовне) вимірювань

Для виконання досліджень застосовано методики ДСТУ 3649:2010, ISO 13528:2015, ISO/IEC 17043:2010, а також Правила ЄЕК ООН №13, №41 і №83.

Зазначений графік випробувань КТЗ (табл.1) охопив усі ключові ділянки регіону. Це дозволило забезпечити об'єктивність результатів, перевірити узгодженість між різними умовами експлуатації та оцінити реальний рівень компетентності випробувальних лабораторій.

Визначено п'ять етапів проведення міжлабораторних випробувань: планування (Plan); підготовка до проведення випробувань ТЗ; приведення вимірювань (Do); обробка отриманих результатів випробувань (Check); проведення коригувальних дій (Act).

На етапі планування визначено:

- цілі, методики, критерії прийнятності результатів ($C_v \leq 5\%$, $z\text{-score} \leq \pm 2$);
- в якості об'єкта дослідження було використано КТЗ категорії N3 сідловий тягач DAF XF 105 VIN-номер: XLRTE47MS0E723829 (рис.1).
- графік проведення випробувань на ділянках ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомобільна діагностика»;
- форму протоколу та процедури збору даних.



Рисунок 1 – Колісний транспортний засіб категорії N3 сідловий тягач DAF XF 105 VIN-номер: XLRTE47MS0E723829

Джерело: запропоновано авторами

Перед початком вимірювань здійснюється відповідна підготовка:

- калібрування гальмівних стендів, димомірів, люксметрів і шумомірів та інших приладів, за яким визначають показники вимірювань;
- навчання персоналу щодо уніфікованої методики проведення випробувань;
- перевірка умов середовища та підготовка КТЗ до проведення вимірювань.

При проведенні міжлабораторних випробувань на кожній дільниці здійснювали однакові вимірювання за попередньо узгодженими методиками перевірки КТЗ, а саме: сили гальмування; димності відпрацьованих газів; освітленості фар ТЗ; рівня шуму при різних режимах роботи двигуна КТЗ.

Результати випробувань зазначено в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати випробувань на дільницях ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомотодіагностика»

Результат	Дільниці												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Гальмівна сила передньої осі лівого колеса, Н	16170	18680	21250	18730	24030	25720	14390	18030	19300	16900	23960	22870	23490
Гальмівна сила передньої осі правого колеса, Н	16270	17950	20380	16650	19320	22050	14430	17590	18300	15300	21260	19960	21890
Димність відпрацьованих газів автомобілів з дизелями та газодизелями, м ⁻¹	0,17	0,21	0,24	0,26	0,17	0,18	0,26	0,20	0,16	0,18	0,21	0,21	0,18
Рівень зовнішнього шуму на нерухомому КТЗ, дБА	95,9	96,0	96,0	92,2	90,2	95,5	90,1	92,0	90,0	94,7	94,5	94,9	96,1
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «ближнє світло» ((0,1 м вертикально униз від точки Р)), кд	8000	10000	11200	2300	5800	5800	8000	7000	9000	2400	7000	10000	11000
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «дальнє світло» (верхня), кд	16000	22800	22800	39700	23700	27000	30000	19100	27900	27900	35000	28000	34000
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «дальнє світло» (нижня), кд	9000	16300	16300	21200	12600	15400	24000	17500	17500	16000	12000	14000	20000
Сила світла лівої протитуманної фари, кд	1100	1000	1400	1500	1500	1000	1300	1200	1000	900	1500	800	900
Світлопропускання скла (лобове скло), %	76,7	75,4	75,9	74,7	73,9	72,2	74,3	75,1	75,1	72,3	73,0	71,5	74,7
Сумарний кутовий проміжок в повороті керма (сумарний люфт керма), °	8,0	8,5	8,0	12,0	12,5	7,50	10,0	10,5	9,0	10,5	9,5	11,5	8,0
Висота рисунка протектора шини переднього лівого колеса, мм	8,5	7,5	7,1	7,0	8,5	8,4	8,1	9,3	7,6	7,6	9,0	8,0	10,0
Маса КТЗ (за даними гальмівного стенду), кг	10550	10460	10260	10150	10430	10530	10120	10460	10300	10330	10430	10350	10490

Джерело: розроблено авторами

Після завершення вимірювань для визначення приписаного визначення значень і

їх невизначеності застосовано процедуру узгодження значень результатів учасників з використанням статистичних методів, описаних в ДСТУ ISO 13528:2016 та з урахуванням впливу викидів (п. В.3.1 е) додатку В ISO/IEC 17043:2023). Отриманні дані на випробувальних дільницях перевіряли на один викид за критерієм Граббса, результати розрахунків для критерію Граббса наведені у таблицю 3.

Таблиця 3 - Результати розрахунків для критерію Граббса

Показник	Статистика Граббса, $G_{\max}$	Статистика Граббса, $G_{\min}$	5% критичне значення	1% критичне значення	Квазिवикид / викид
Гальмівна сила передньої осі лівого колеса, Н	1,84	1,67	2,462	2,699	Відсутній
Гальмівна сила передньої осі правого колеса, Н	1,82	1,66	2,462	2,699	Відсутній
Димність відпрацьованих газів автомобілів з дизелями та газодизелями, м^{-1}	1,50	1,26	2,462	2,699	Відсутній
Рівень зовнішнього шуму на нерухомому КТЗ, дБА	1,05	1,52	2,462	2,699	Відсутній
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «ближнє світло» ((0,1 м вертикально униз від точки Р)), кд	1,44	1,80	2,462	2,699	Відсутній
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «дальнє світло» (верхня), кд	2,14	1,71	2,462	2,699	Відсутній
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «дальнє світло» (нижня), кд	1,80	1,83	2,462	2,699	Відсутній
Сила світла лівої протитуманної фари, кд	1,39	1,43	2,462	2,699	Відсутній
Світлопропускання скла (лобове скло), %	1,48	1,74	2,462	2,699	Відсутній
Сумарний кутовий проміжок в повороті керма (сумарний люфт керма), $^{\circ}$	1,64	1,30	2,462	2,699	Відсутній
Висота рисунка протектора шини переднього лівого колеса, мм	1,85	1,37	2,462	2,699	Відсутній
Маса КТЗ (за даними гальмівного стенду), кг	1,26	1,85	2,462	2,699	Відсутній

Джерело: розроблено авторами

В результаті перевірки на викид отриманих значень вимірювальних величин розраховано статистику Граббса для максимальних та мінімальних значень результатів випробувань параметрів КТЗ, що визначалися дільницями. Визначено, що вони є меншими за 5% критичне значення для критерію Граббса. Доведено, що випробувальні позиції є коректними і викид значень вимірювальних величин відсутній.

Виявлено, що для отриманих результатів можна використати робастний аналіз. В результаті чого проведені оцінки робастного середнього значення та робастного стандартного відхилення на основі отриманих результатів вимірювань (табл. 4).

На п'ятому етапі міжлабораторних випробувань виявлені відмінності (у димності та шумі) було усунуто шляхом калібрування приладів і повторного інструктажу персоналу.

Отримані результати МЛВ показали високу узгодженість між лабораторіями ТОВ «Автомобільна діагностика» і ТОВ «Автомобільна діагностика». Розбіжності в межах 3,5 %

підтверджують метрологічну стабільність. Застосування статистичних методів (C_v , z -score) підтвердило, що всі результати є прийнятними. Отже, МЛВ довели ефективність системи управління якістю та точність вимірювань.

Таблиця 4 - Визначення робастного середнього значення та робастного стандартного відхилення

	x^*	s^*	δ	X	s^* (нове)
Гальмівна сила передньої осі лівого колеса, Н	19300,00	4641,79	5962,69	20270,77	3997,85
Гальмівна сила передньої осі правого колеса, Н	18300,00	3010,49	4515,7	18565,38	2822,99
Димність відпрацьованих газів автомобілів з дизелями та газодизелями, m^{-1}	0,20 (0,20)	0,03 (0,03)	0,04 (0,05)	0,20	0,03
Рівень зовнішнього шуму на нерухомому КТЗ, дБА	94,70 (94,09)	1,93 (2,10)	2,89 (3,16)	94,09	2,10
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «ближнє світло» ((0,1 м вертикально униз від точки Р)), кд	8000,00 (7684,77)	2966,00 (2895,13)	4449,00 (4342,70)	7684,77	2895,13
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «дальнє світло» (верхня), кд	27900,00 (27230,77)	7563,3 (7257,77)	1344,95 (886,66)	27101,17	6972,64
Сила світла лівої фари, що працює в режимі «дальнє світло» (нижня), кд	16300,00 (16261,54)	3410,9 (3750,85)	5116,35 (5626,28)	16261,54	3750,85
Сила світла лівої протитуманної фари, кд	1100,00	296,60	444,9	1161,54	287,40
Світлопропускання скла (лобове скло), %	74,70 (74,41) (74,41) (74,41)	1,19 (1,37) (1,37) (1,37)	1,78 (2,06) (2,05) (2,05)	74,41	1,37
Сумарний кутовий проміжок в повороті керма (сумарний люфт керма), $^{\circ}$	9,50	2,22	3,34	9,65	1,89
Висота рисунка протектора шини переднього лівого колеса, мм	8,10 (8,13)	0,74 (0,85)	1,11 (1,28)	8,13	0,85
Маса КТЗ (за даними гальмівного стенду), кг	10430,00 (10385,01)	148,3 (132,83)	222,45 (199,25)	10385,01	132,83

Джерело: розроблено авторами

Впровадження моделі PDCA (Plan-Do-Check-Act) дозволило підтримувати процес безперервного вдосконалення МЛВ. Показано, що цикл моделі Plan-Do-Check-Act став основою інтеграції МЛВ у системі Стандарту ISO 9001 на СТО.

На основі результатів МЛВ проведено ряд заходів, які дають можливість підвищити якість діагностики технічного стану КТЗ: оновлено інструкції з контролю точності вимірювання параметрів технічного стану КТЗ; проведено навчання персоналу щодо вимірювання визначальних параметрів технічного стану КТЗ; розроблено щорічний графік МЛВ для дільниць випробувальних лабораторій ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомобільна діагностика»; створено базу результатів для відстеження тенденцій якості проведення робіт з діагностики на випробувальних дільницях, які приймали участь МЛВ.

Висновки. 1. Міжлабораторні випробування є дієвим інструментом підтвердження компетентності лабораторій, які проводять випробування діагностики колісних транспортних засобів, і стабільності отриманих результатів вимірювань.

2. Показано, що використання автомобіля DAF як еталонного дозволило забезпечити відтворюваність результатів між випробувальними дільницями ТОВ «Автодіагностика» та ТОВ «Автомобільна діагностика».

3. Інтеграція міжлабораторних випробувань у систему управління якістю підвищує

довіру до результатів діагностики технічного стану колісних транспортних засобів.

4. Доцільним є створення регіональної бази даних міжлабораторних випробувань для моніторингу точності вимірювань у сфері технічного контролю технічного стану колісних транспортних засобів.

Список літератури

1. Симоненко Р. В. *Підвищення ефективності експлуатації колісних транспортних засобів на основі інтелектуальних телематичних технологій* : дис. ... докт. техн. наук: 05.22.20 «Експлуатація та ремонт засобів транспорту». Національний транспортний університет. Київ, 2021. 0521U101832.
2. Ляшук О. Л., Готович В. А., Бонар В. О., та ін. *Концепція дистанційної діагностики технічного стану транспортних засобів в процесі їх експлуатації*. Центральнотранспортний науковий вісник. Технічні науки. Збірник наукових праць. Кропивницький: ЦНТУ, 2024. Вип. 10(41), ч. 1. С. 29–39.
3. Сергіичук А. А., Гриньків А. В., Аулін В. В. *Розробка інноваційної системи управління якістю технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів на основі процесного підходу*. Зб. тез доп. XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання», 20–21 лют. 2025 р., м. Київ. К.: НУБіП, 2025. С. 145–147.
4. Аулін В. В., Гриньків А. В., Сергіичук А. А., Ляшук О. Л. *Використання ймовірнісно-логічного діагностування технічного стану машин в розробці системи технічного обслуговування і ремонту*. Зб. тез доп. XI Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання», 22–23 лют. 2024 р., м. Київ. Київ: Вид. центр НУБіП України, 2024. С. 103–105.
5. ДСТУ ISO 9001:2015. *Системи управління якістю. Вимоги*. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.
6. ISO 5725-1:2019; ISO 5725-2:2021. *Accuracy (Trueness and Precision) of Measurement Methods and Results*. Geneva: ISO, 2019–2021.
7. ISO 13528:2022. *Statistical Methods for Use in Proficiency Testing by Interlaboratory Comparison*. Geneva: ISO, 2022. 90 p.
8. ISO/IEC 17043:2023. *Conformity Assessment. General Requirements for Proficiency Testing*. Geneva: ISO, 2023. 38 p.
9. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019. *Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій*. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019.
10. ISO 13528:2022. *Statistical Methods for Use in Proficiency Testing by Interlaboratory Comparison*. Geneva: ISO, 2022.
11. Grigoratos T., Alemani M., Fontaras G., Martini G. *Interlaboratory Study on Brake Particle Emissions — Part I: Particulate Matter Mass Emissions*. Atmosphere. 2023. Vol. 14, No. 3.
12. Mathissen M., Vogt R., Grigoratos T., Bischoff M. *Interlaboratory Study on Brake Particle Emissions — Part II: Particle Number Emissions*. Atmosphere. 2023. Vol. 14, No. 3.
13. Grigoratos T., Fontaras G., Alemani M. *Statistical Assessment and Temperature Study from the Interlaboratory Application of the WLTP–Brake Cycle*. Atmosphere. 2020. Vol. 11, No. 12.
14. UNECE GRPE / WP.29. *Validation of the WLTP–Brake Cycle through an Interlaboratory Accuracy Study*. GRPE-87-40e. Geneva: UNECE, 2023.
15. ISO/IEC 17043:2023. *Conformity Assessment. General Requirements for Proficiency Testing*. Geneva: ISO, 2023.
16. GB/T 42685-2023. *Safety Technical Inspection of Motor Vehicles*. Beijing: SAC, 2023.
17. Сергіичук А. А., Аулін В. В., Гриньків А. В., Сергіичук А. В. *Забезпечення належного рівня якості надання послуг підприємствами технічного сервісу колісних транспортних засобів проведенням їх акредитації*. Центральнотранспортний науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(2). С. 348–363. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2025_11\(2\)_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2025_11(2)_41).
18. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Лівіцький О. М., Дьяченко В. О. *Ефективність, якість та надійність реалізації операцій в транспортно-виробничих системах*. Зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання», 25–26 лют. 2021 р., м. Київ. Київ: Вид. центр НУБіП України, 2021. С. 10–14.

References

1. Symonenko, R. V. (2021). Increasing the efficiency of operation of wheeled vehicles based on intelligent telematic technologies: Doctor's thesis (05.22.20 Transport operation and repair). National Transport University, Kyiv. 0521U101832 [in Ukrainian].
2. Liashuk, O. L., Hotovych, V. A., Bonar, V. O., et al. (2024). Concept of remote diagnostics of vehicle technical condition during operation. *Tsentrlnoukrayinskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, 10(41), 29–39 [in Ukrainian].
3. Serhiichuk, A. A., Hryn'kiv, A. V., & Aulin, V. V. (2025). Development of an innovative quality management system for maintenance and repair of vehicles based on a process approach. In *Kramarovski chytannia: materialy XII mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi* (pp. 145–147). Kyiv: NUBiP [in Ukrainian].
4. Aulin, V. V., Hryn'kiv, A. V., Serhiichuk, A. A., & Liashuk, O. L. (2024). Use of probabilistic-logical diagnostics of machine technical condition in the development of a maintenance and repair system. In *Kramarovski chytannia: materialy XI mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi* (pp. 103–105). Kyiv: NUBiP [in Ukrainian].
5. DSTU ISO 9001:2015. (2015). Quality management systems. Requirements. Kyiv: UkrNDNTs [in Ukrainian].
6. ISO 5725-1:2019; ISO 5725-2:2021. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Geneva: ISO.
7. ISO 13528:2022. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison. Geneva: ISO. 90 p.
8. ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment. General requirements for proficiency testing. Geneva: ISO. 38 p.

9. DSTU EN ISO/IEC 17025:2019. (2019). General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Kyiv: DP "UkrNDNTs" [in Ukrainian].
10. ISO 13528:2022. Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparison. Geneva: ISO.
11. Grigoratos, T., Alemani, M., Fontaras, G., & Martini, G. (2023). Interlaboratory study on brake particle emissions - Part I: Particulate matter mass emissions. *Atmosphere*, 14(3).
12. Mathissen, M., Vogt, R., Grigoratos, T., & Bischoff, M. (2023). Interlaboratory study on brake particle emissions - Part II: Particle number emissions. *Atmosphere*, 14(3).
13. Grigoratos, T., Fontaras, G., & Alemani, M. (2020). Statistical assessment and temperature study from the interlaboratory application of the WLTP-brake cycle. *Atmosphere*, 11(12).
14. UNECE GRPE / WP.29. (2023). Validation of the WLTP-brake cycle through an interlaboratory accuracy study. GRPE-87-40e. Geneva: UNECE.
15. ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment. General requirements for proficiency testing. Geneva: ISO.
16. GB/T 42685-2023. (2023). Safety technical inspection of motor vehicles. Beijing: SAC.
17. Serhiichuk, A. A., Aulin, V. V., Hryn'kiv, A. V., & Serhiichuk, A. V. (2025). Ensuring the proper quality level of technical service enterprises for wheeled vehicles through accreditation. *Tsentralkoukrayinskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, 11(2), 348–363. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2025_11\(2\)_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpkntu_2025_11(2)_41) [in Ukrainian].
18. Aulin, V. V., Hryn'kiv, A. V., Lysenko, S. V., Holub, D. V., Livitskyi, O. M., & Diachenko, V. O. (2021). Efficiency, quality and reliability of operational procedures in transport-production systems. In *Kramarovski chytannia: materialy VIII mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi* (pp. 10–14). Kyiv: Vyd. tsentr NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].

Andrii Serhiichuk, Viktor Aulin, Prof., Dr. tech. sci., **Andrii Hryn'kiv**, Sr. Researcher, PhD tech. sci.,
Yevhen Kozachenko

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Interlaboratory Testing as an Effective Tool for Improving the Quality of Diagnostics of the Technical Condition of Wheeled Vehicles in the ISO 9001 System

The article presents the results of the study of interlaboratory tests as an effective tool for confirming the quality of diagnostics of the technical condition of wheeled vehicles. Diagnostics were carried out within the framework of modern quality management systems built in accordance with the requirements of ISO 9001:2015, ISO/IEC 17025:2019 and ISO/IEC 17043:2023 standards. At the same time, the reliability, stability and reproducibility of test results performed at technical control stations are increased by implementing a standardized procedure for interlaboratory measurements.

The studies were conducted on the basis of thirteen test sites of the enterprises LLC "Avtodiagnostics" and LLC "Avtomotodiagnostics" of the Kirovograd region. A wheeled vehicle of category N3 – DAF XF 105 was used as a reference object. The paper describes in detail all stages of organizing interlaboratory tests in accordance with the PDCA cycle: program planning, unification of methods, calibration of measuring equipment, personnel training, measurement performance, processing of results and implementation of corrective actions. Statistical methods according to ISO 13528 and ISO 5725 standards were used to analyze the consistency of the results. The database emissions were checked using the Grubbs criterion, and robust average values with corresponding standard deviations were also determined. The results obtained demonstrated high repeatability and reproducibility of measurements: the discrepancies between the interlaboratory test sites did not exceed 3.5%, which indicates the stability of metrological traceability and the appropriate level of competence of the testing laboratories. The detected deviations in terms of smoke and noise were eliminated through equipment calibration and re-training of personnel, which confirmed the effectiveness of corrective measures. It is proven that the use of interlaboratory tests increases confidence in the results of diagnostics of the technical condition of wheeled vehicles and forms the basis for the implementation of a regional database of control measurements, which can be used for long-term monitoring of the quality of technical control. The proposed approach demonstrates the practical value of integrating interlaboratory tests into the quality management system at maintenance stations and can be used as a model for building a national system for assessing the competence of testing sites and improving road safety in Ukraine.

ISO 9001 Standard, ISO/IEC 17025 Standard, interlaboratory testing, DAF, PDCA, technical control, metrological traceability, measurement quality

Одержано (Received) 12.11.2025

Прорецензовано (Reviewed) 17.11.2025

Прийнято до друку (Approved) 25.11.2025