

**Andrii Serhiichuk, Yevhen Kozachenko**

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

## **Legal Regulation of Transport Safety and the Role of Testing Laboratories in the System of Technical Regulation**

The article examines the legal regulation of transport safety in Ukraine in the context of the development of the technical regulation system and the implementation of international standards for laboratory competence. Particular attention is paid to the role of testing laboratories in conformity assessment procedures for vehicles and their compliance with established safety requirements. The study analyzes the national regulatory framework governing the activities of testing laboratories in the field of technical inspection of vehicles, including the laws of Ukraine on transport, road traffic and accreditation of conformity assessment bodies. The importance of the ISO/IEC 17025 standard as a key instrument for ensuring the competence of testing laboratories and the reliability of testing results is substantiated. The article also highlights the role of accreditation procedures carried out by the National Accreditation Agency of Ukraine in confirming the technical competence of conformity assessment bodies. The relationship between the functioning of accredited testing laboratories, the national system of technical regulation and the implementation of international transport safety approaches is revealed. Particular attention is paid to the European experience of transport regulation based on Regulation (EU) 2018/858 and the concept of Vision Zero aimed at reducing road traffic fatalities. It is concluded that the development of the national system of technical regulation should be aimed at harmonizing Ukrainian legislation with European requirements and strengthening the role of accredited testing laboratories in ensuring vehicle safety.

**transport safety, vehicle, technical regulation, testing laboratory, ISO/IEC 17025, accreditation, conformity assessment**

*Одержано (Received) 23.03.2026*

*Прорецензовано (Reviewed) 30.03.2026*

*Прийнято до друку (Approved) 01.04.2026*

**УДК 656.07:504.064**

[https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14\(45\).299-304](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14(45).299-304)

**Л. А. Тарандушка, проф., д-р техн. наук, І. П. Тарандушка**

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

*e-mail: tarandushkal@ukr.net; tarandushka@ukr.net*

## **Вплив трансформації транспортної інфраструктури на екологічну безпеку міського середовища в умовах сталого розвитку**

В результаті дослідження було визначено, що висока токсичність викидів в українських містах, порівняно з європейськими, обумовлена застарілим технічним станом транспортних засобів, практикою демонтажу систем нейтралізації та використанням палива з підвищеним вмістом сірки. Тому актуальне питання поліпшення екологічної ситуації в містах України вирішується заміною автопарку міських перевезень. З огляду на це було розроблено математичну модель розрахунку кількості прогнозованих шкідливих викидів в результаті вдосконалення структури міського пасажирського автопарку в м. Черкаси. Дана модель базується на визначенні річних викидів основних шкідливих речовин. Це дає змогу адекватно оцінювати результати можливих вдосконалень екології міст.

**відпрацьовані гази, шкідливі речовини, заміна автопарку, математична модель**

**Постановка проблеми.** Автомобільний потік є критично інтенсивним у великих містах та обласних центрах, де внаслідок шкідливого впливу транспорту повітря забруднюється відпрацьованими газами. Це створює суттєве навантаження на екосистему та вкрай негативно позначається на здоров'ї населення.

© Л. А. Тарандушка, І. П. Тарандушка, 2026

У Черкаській області автомобільний транспорт є одним із ключових джерел забруднення навколишнього середовища. Згідно з моніторинговими даними екологічних служб регіону, частка викидів від пересувних джерел автотранспорту у загальному обсязі забруднюючих речовин залишається стабільно високою. Для міста Черкаси, яке є великим промисловим центром, цей показник є особливо критичним через поєднання транспортних викидів із промисловими емісіями, що створює накопичувальний ефект.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сучасна наукова парадигма розглядає екологічну безпеку експлуатації автотранспорту як багатофакторну загрозу сталому розвитку міських територій. Фундаментальні дослідження Штаури О., Польового Р. [1] підтверджують, що в умовах великих міст України частка транспортного сектору в загальному обсязі антропогенного навантаження становить 70–80%. Це дозволяє ідентифікувати дану галузь як домінуючий чинник деградації довкілля, що супроводжується не лише газоподібними викидами, а й накопиченням твердих відходів (зношені шини, АКБ), вібраційним впливом та забрудненням гідросфери нафтопродуктами. Ключовим аспектом хімічного забруднення залишається склад відпрацьованих газів (ВГ). У працях В. Каніла [2] акцентується увага на синергетичному ефекті усіх компонентів ВГ. Найбільшу небезпеку для громадського здоров'я становлять бензапірен та дрібнодисперсні частинки (PM). Згідно з даними S. Holgate [3], фракції PM мають здатність до транслокації безпосередньо у системний кровообіг, провокуючи хронічні патології кардіореспіраторної системи. Новітній вектор досліджень, представлений у роботах V. Timmers та P. Achten [4], розширює межі проблеми, вказуючи на існування «невихлопних» викидів (non-exhaust emissions). Автори доводять, що навіть повна електрифікація транспорту не нівелює надходження у довкілля важких металів (Cu, Zn, Cd) та мікропластику, що утворюються внаслідок абразивного зносу гальмівних систем та шин. Додатковим негативним фактором у приземному шарі атмосфери є турбулентне підняття осілого пилу під час руху великогабаритного транспорту. Окрім хімічної деструкції середовища, суттєве значення має акустичне навантаження. Дослідження М. Гнатова [5,6] фіксують перевищення допустимих норм шуму на 15–20 дБ у зонах інтенсивного трафіку, що стає причиною зростання психоемоційного стресу та зниження когнітивної працездатності населення. Аналіз специфіки міста Черкаси дозволяє виявити кумулятивний ефект: поєднання транспортної емісії з викидами підприємств хімічної промисловості сприяє формуванню смогу. Фахівці виокремлюють три детерміновані причини критичного стану повітря в Україні: присутність сірки та ароматичних вуглеводнів у паливі попри законодавче впровадження стандарту Euro-5; домінування автомобілів екологічних класів Euro-2/3 та масова практика демонтажу систем нейтралізації (каталізаторів та сажових фільтрів); низька пропускна здатність доріг, що детермінує роботу двигунів у перехідних режимах (stop-and-go), за яких викиди CO та C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> сягають максимуму. Фундаментальними передумовами забезпечення сталого розвитку та оздоровлення повітряного басейну міст є декарбонізація енергетичного сектору, мінімізація антропогенної емісії, а також поступове заміщення викопних вуглеводнів альтернативними та відновлюваними джерелами енергії [7-10].

**Постановка завдання.** Метою даного дослідження є розробка математичної моделі, що прогнозує зниження шкідливих викидів в результаті вдосконалення структури міського пасажирського автопарку в м. Черкаси.

**Виклад основного матеріалу.** Однією з пріоритетних стратегій детермінації екологічного навантаження на атмосферне повітря м. Черкаси є структурно-технологічна модернізація міського пасажирського автопарку. Враховуючи обмеженість

інструментів прямого адміністративного впливу на динаміку зростання приватного сектору автомобілізації, управлінський акцент має бути зосереджений на регулюванні муніципального та комерційного сегментів пасажироперевезень. Чинним механізмом трансформації структури рухомого складу є імплементація жорстких екологічних критеріїв у межах тендерних процедур на право обслуговування маршрутів. Це дозволяє стимулювати поетапну демісію застарілих одиниць малої місткості (зокрема моделей «Богдан» та «Ataman») на користь сучасних багатомісних автобусів та розширення мережі електротранспорту.

Оцінка потенціалу зниження антропогенної емісії внаслідок оптимізації кількісного складу парку базується на результатах моделювання переходу до експлуатації автобусів великої місткості.

Для проведення розрахунків використано детерміновані середньостатистичні показники основних магістральних напрямків м. Черкаси (зокрема тих, що формують транзитний потік через бульвар Шевченка).

У моделі прийнято такі вихідні параметри: середня протяжність маршруту в один бік становить 12,5–14,0 км при тривалості рейсу 35–45 хвилин; інтенсивність експлуатації одиниці транспортного засобу за зміну складає 8–10 рейсів. Алгоритм розрахунку екологічного ефекту від впровадження запропонованих заходів передбачає первинне визначення річного валового викиду забруднювальних речовин однією умовною одиницею середньостатистичного автобуса, що функціонує в існуючому операційному режимі.

$$j_i = \sum_{k=1}^n (L_k \cdot g_{ik} \cdot 10^{-6}) \cdot D_p \quad (1)$$

де  $j_i$  — річний викид  $i$ -ї шкідливої речовини одним автобусом, т/рік;  $L_k$  — добовий пробіг автобуса на маршруті, км/добу;  $g_{ik}$  — питомий викид  $i$ -ї речовини для даного класу автобуса (залежить від типу палива: дизель, газ чи електро), г/км;  $D_p$  — кількість робочих днів автобуса на рік (зазвичай 300–320 днів);  $10^{-6}$  — коефіцієнт перерахунку в тонни.

Об'єктом порівняльного аналізу в межах даного моделювання обрано базу одну одиницю сучасного рухомого складу м. Черкаси — автобус середньої місткості Ataman A092H6 (екологічного класу Euro-5). Альтернативним сценарієм передбачається впровадження низькопідлогових автобусів великої місткості Solaris (класу Euro-6), технічні характеристики яких дозволяють реалізувати принцип пасажирозаміщення у співвідношенні 1:2. Такий підхід базується на порівнянні питомої пасажиромісткості транспортних одиниць, де один автобус великого класу за обсягом перевезень еквівалентний двом одиницям середнього класу. Оцінка екологічної ефективності в даному контексті ґрунтується не лише на переході до більш жорстких нормативів токсичності Euro-6, а й на кумулятивному ефекті від скорочення загальної кількості рухомого складу на магістральних маршрутах міста.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця питомих викидів шкідливих речовин (г/км) для автобусів

| Показник                                    | Ataman A092H6 (Euro-5) | Solaris (Euro-6) |
|---|------------------------|------------------|
| Пасажиромісткість                           | 52 особи               | 105 осіб         |
| Оксид вуглецю (CO)                          | 1,50 г/км              | 1,50 г/км        |
| Вуглеводні (C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> ) | 0,46 г/км              | 0,13 г/км        |
| Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> )             | 2,00 г/км              | 0,40 г/км        |
| Тверді частки (PM)                          | 0,02 г/км              | 0,01 г/км        |

Джерело: розроблено авторами

В межах дослідження розглянуто модельну ситуацію на одному з ключових магістральних маршрутів м. Черкаси (зокрема, за траєкторією бульвару Шевченка). Базовий сценарій передбачає експлуатацію 20 одиниць рухомого складу середньої місткості марки Ataman A092H6. Альтернативний сценарій (проектний) базується на заміщенні зазначеного парку 10 одиницями автобусів великої місткості, що забезпечують аналогічну провізну здатність маршруту.

Для проведення порівняльної оцінки екологічного ефекту прийнято наступні уніфіковані вихідні дані, що відповідають специфіці транспортної мережі міста:

Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу  $L_k=180$  км;

Річний фонд робочого часу  $D_p=300$  днів/рік.

У 1 випадку (існуючий стан), при функціонуванні на маршруті  $N_a=20$  автобусів Ataman A092H6, сумарний річний пробіг всього парку  $L_{total}$  визначається за формулою:

$$L_{total} = N_a \cdot L_k \cdot D_p \quad (2)$$

$$L_{total} = 20 \cdot 180 \cdot 300 = 1080000 \text{ км}$$

Продовжуючи розробку математичної моделі екологічного ефекту, розглянемо альтернативний сценарій для 2 випадку (проектний стан), що передбачає реструктуризацію парку шляхом впровадження техніки великої місткості,  $N_a=10$  автобусів.

$$L_{total} = 10 \cdot 180 \cdot 300 = 540000 \text{ км}$$

Розрахунок викидів  $\text{NO}_x$  (найбільш токсичний компонент дизеля).

Для випадку 1:

$$G_{\text{NO}_x} = 1080000 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} = 2,16 \text{ тон / рік}$$

Для випадку 2:

$$G_{\text{NO}_x} = 540000 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} = 0,216 \text{ тон / рік}$$

Завдяки переходу на стандарт Euro-6 та зменшенню кількості одиниць рухомого складу, валовий викид оксидів азоту  $\text{NO}_x$  скорочується на 90% — з 2,16 т/рік до 0,216 т/рік. Таке зниження є критично важливим для зони щільної забудови (бульвар Шевченка), де концентрація азотистих сполук часто корелює із захворюваністю органів дихання.

Двократне зменшення кількості автобусів на маршруті безпосередньо знижує коефіцієнт завантаженості вулично-дорожньої мережі. Це мінімізує ймовірність виникнення заторів на найбільш напружених транспортних вузлах міста (перехрестя вул. Смілянської та вул. Чорновола), що, своєю чергою, запобігає роботі двигунів у режимах холостого ходу та інтенсивного розгону, коли викиди  $\text{CO}$  та  $\text{C}_x\text{H}_y$  є максимальними.

Порівняльний аналіз паливної економічності демонструє зниження сумарної витрати палива приблизно на 30%. Питома витрата пального одного автобуса великої місткості (близько 32 л/100 км) є значно нижчою за сумарне споживання двох одиниць середнього класу (2  $\cdot$  20 = 40 л/100 км). Це не лише зменшує емісію вуглекислого газу  $\text{CO}_2$ , а й покращує рентабельність муніципальних перевезень.

Результати розрахунків по основним показникам питомих викидів шкідливих речовин за рік занесено в табл.2.

Таблиця 2 – Порівняння питомих викидів шкідливих речовин у випадку заміни 20 Ataman A092H6 на 10 Solaris

| Показник   | Поточний стан (20 Ataman Euro-5) | Проектне рішення (10 Solaris Euro-6) | Абсолютне зниження $\Delta$ (т/рік) |
|--|----------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| Загальний річний пробіг, км                      | 1080000                          | 540000                               | 540000                              |
| Оксид вуглецю CO, т/рік                          | 1,620                            | 0,810                                | 0,810                               |
| Вуглеводні C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> , т/рік | 0,497                            | 0,070                                | 0,427                               |
| Оксиди азоту NO <sub>x</sub> , т/рік             | 2,160                            | 0,216                                | 1,944                               |
| Тверді частки (PM), т/рік                        | 0,022                            | 0,005                                | 0,017                               |

Джерело: розроблено авторами

**Висновки.** Проведене дослідження підтверджує, що проблема екологічної безпеки автомобільного транспорту в м. Черкаси має комплексний характер і потребує системного підходу, що поєднує технологічні, логістичні та адміністративні рішення. На основі аналізу наукових джерел та результатів математичного моделювання встановлено, що висока токсичність викидів в українських містах, порівняно з європейськими, обумовлена застарілим технічним станом транспортних засобів, практикою демонтажу систем нейтралізації та використанням палива з підвищеним вмістом сірки. Це призводить до інтенсивного утворення нагару та підвищення димності вихлопу навіть за наявності законодавчих стандартів Euro-5. Запропоноване рішення заміни 20 автобусів середньої місткості (Ataman A092H6, Euro-5) на 10 одиниць великої місткості (Solaris, Euro-6) на магістральному маршруті дозволяє знизити валовий викид оксидів азоту NO<sub>x</sub> на 90% (з 2,16 до 0,216 т/рік). Оптимізація структури парку забезпечує двократне зниження завантаженості ключових дорожніх вузлів, що мінімізує роботу двигунів у найбільш токсичних перехідних режимах. Крім того, перехід на автобуси великої місткості дозволяє скоротити сумарне споживання палива на 30%, що відповідає глобальним цілям декарбонізації та сталого розвитку.

## Список літератури

1. Штаюра О. Польовий Р., Телюк В., Дубан В., Мацкула А. Вплив автомобільного транспорту на екологію довкілля. *Матеріали I науково-практичної онлайн-конференції, м. Львів, 28 квітня 2016.*, С. 3-7.
2. Каніло П. М. Екоенергетика автомобільного транспорту: проблеми та перспективи // *Енерготехнології та ресурсозбереження*. 2019. № 2. С. 34–41.
3. Holgate S. T. Health effects of air pollution with a focus on anthropogenic sources of nitrogen oxides. *European Respiratory Review*. 2021. Vol. 26. P. 170–184.
4. Molina J, Solanes J. E., Arnal L. and Tornero J. On the detection of defects on specular car body surfaces *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2017. 263–78. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584517300194>.
5. Гнатов М. П. Технічна експлуатація транспортних засобів та екологічна безпека : монографія. Харків: ХНАДУ, 2022. 210 с.
6. Гнатов А., Аргун Щ., Гнатова Г, Сохін П. Техніко-економічний розрахунок сонячної зарядної станції для електромобілів. *Автомобільний транспорт*, Вип. 49, 2021, С. 71-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2021.49.0.05>.
7. Аргун Щ.В. Екологічний та енергоефективний атомобільний транспорті його інфраструктура / Щ. В. Аргун, А. В. Гнатов, О.А. Улянець // *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. – 2016. – № 2 (77). – С. 18–27.
8. Timmers, V. R. J. H., & Achten, P. A. J. (2016). Non-exhaust emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134, 10–17.
9. L.-W. Antony Chen, Xiaoliang Wang, Brenda Lopez, Guoyuan Wu, Steven Sai Hang Ho, Judith C. Chow, John G. Watson, Qi Yao, Seungju Yoon, Heejung Jung Contributions of non-tailpipe emissions to near-road PM2.5 and PM10: A chemical mass balance study. *Environmental Pollution*. 2023. 8(2): 39-42. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122283>.
10. B. Baensch-Baltruschat et al. Tyre and road wear particles (TRWP)-A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment *Sci. Total Environ.* (2020) <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137823>

## References

1. Shtaiura O. Polovyi R., Teliuk V., Duban V. & Matskula A. (2016) Vplyv avtomobilnoho transportu na ekolohiiu dovkillia. *Materialy I naukovy-praktychnoi onlain-konferentsii, m. Lviv, 28 kvitnia*, 3-7 [in Ukrainian].
2. Kaniło P. M. (2019) Ekoenerhetyka avtomobilnoho transportu: problemy ta perspektyvy. *Enerhotekhnolohii ta resursozberezhennia*. № 2, 34–41 [in Ukrainian].
3. Holgate S. T. (2021) Health effects of air pollution with a focus on anthropogenic sources of nitrogen oxides. *European Respiratory Review*. Vol. 26, 170–184 [in English].
4. Molina J, Solanes J. E., Arnal L. & Tornero J. (2017) On the detection of defects on specular car body surfaces. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 263–78. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0736584517300194> [in English].
5. Hnatov M. P. (2022) Tekhnichna ekspluatatsiia transportnykh zasobiv ta ekolohichna bezpeka : monohrafiia. *Kharkiv: KhNADU*, 210 [in Ukrainian].
6. Hnatov A., Arhun Shch., Hnatova H & Sokhin P. (2021) Tekhniko-ekonomichnyi rozrakhunok soniachnoi zariadnoi stantsii dlia elektromobiliv. *Avtomobilnyi transport, Vyp. 49*, 71-78. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2019-8342.2021.49.0.05> [in Ukrainian].
7. Arhun Shch.V., Hnatov A. V. & Ulianets O.A. (2016) Ekolohichnyi ta enerhoefektyvnyi atomobilnyi transporti yoho infrastruktura. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu*. № 2 (77), 18–27 [in Ukrainian].
8. Timmers, V. R. J. H., & Achten, P. A. J. (2016). Non-exhaust emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134, 10–17 [in English].
9. L.-W. Antony Chen, Xiaoliang Wang, Brenda Lopez, Guoyuan Wu, Steven Sai Hang Ho, Judith C. Chow, John G. Watson, Qi Yao, Seungju Yoon, Heejung Jung (2023) Contributions of non-tailpipe emissions to near-road PM2.5 and PM10: A chemical mass balance study. *Environmental Pollution*. 8(2): 39-42. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122283> [in English].
10. B. Baensch-Baltruschat et al. (2020) Tyre and road wear particles (TRWP) - A review of generation, properties, emissions, human health risk, ecotoxicity, and fate in the environment *Sci. Total Environ*. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137823> [in English].

**Liudmyla Tarandushka**, Prof., DSc., **Ivan Tarandushka**  
*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine*

### **Impact of Transport Infrastructure Transformation on the Environmental Safety of the Urban Environment in the Conditions of Sustainable Development**

The article provides a comprehensive analysis of the factors determining the critical environmental state of the air basins in modern Ukrainian cities. It is established that the abnormally high toxicity of transport emissions in Ukraine, compared to European Union countries, is caused by the cumulative effect of the rolling stock's technical degradation (predominantly Euro-2 and Euro-3 classes), the widespread practice of unauthorized removal of exhaust aftertreatment systems (catalytic converters and particulate filters), as well as low fuel quality with excessive sulfur and aromatic hydrocarbon content.

In view of the strategic goals of sustainable development, the study substantiates that a radical improvement of the environmental situation in urbanized areas is possible only through a fundamental restructuring of the urban passenger transport fleet. The object of the study is the transport network of Cherkasy, for which a mathematical model for predicting harmful substance emissions was developed. The model is based on calculating the total annual emissions of major toxicants (NO<sub>x</sub>, CO, PM), taking into account the specifics of main transit routes, average daily mileage, and differentiated emission factors for various engine environmental classes.

The scientific novelty of the research lies in the verification of a scenario for replacing medium-capacity buses with large-capacity units (Euro-6 standard) at a 2:1 ratio. The simulation results for Cherkasy confirmed the possibility of reducing nitrogen oxide emissions by 90% and cutting energy consumption by 30%. The proposed approach allows administrative authorities to adequately assess the environmental efficiency of investment projects in the transport sector and to formulate justified requirements for carriers within tender procedures. The practical significance of the model lies in its potential extrapolation to other industrial and logistical centers in Ukraine to predict the outcomes of urban infrastructure modernization.

**exhaust gases, harmful substances, fleet renewal, mathematical model**

*Одержано (Received) 23.03.2026*

*Прорецензовано (Reviewed) 30.03.2026*  
*Прийнято до друку (Approved) 01.04.2026*