

УДК 625.7/8

Р. В. Смолянюк

к.т.н., професор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7087-7834>

Кафедра будівництва та експлуатації автомобільних доріг ім. О.К. Бірулі

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002

Н. В. Смолянюк

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-8990>

Кафедра мостів, конструкцій і будівельної механіки ім. В.О. Російського

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, Україна, 61002

*автор-кореспондент, e-mail: smalia@ukr.net

Збільшення шумового забруднення від автотранспорту як наслідок бойових дій на території України

Цитувати як:

Смолянюк, Р. В., Смолянюк, Н. В., (2025). Збільшення шумового забруднення від автотранспорту як наслідок бойових дій на території України. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 24, 465-476. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-40](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-40)

© 2025, Смолянюк Р. В., Смолянюк Н. В.,

Воєнні дії на території України істотно вплинули на всі сфери життя українців. Транспортна інфраструктура не стали виключенням. Автомобільні дороги України значно постраждали. Покриття і узбіччя багатьох доріг, а також їх земляне полотно істотно деформовані через неконтрольований рух важкої військової техніки, як колісної так і гусеничної, будівництво військових споруд, мінування, вибухи і з інших причин, пов'язаних з війною.

Дороги є важливими логістичними маршрутами, від яких значною мірою залежить економіка країни. Для України дороги мають особливе значення, оскільки вони є основними каналами постачання армії. Дороги країни зазнали серйозних пошкоджень. У багатьох районах дорожнє покриття, узбіччя та земляне полотно значно постраждали від неконтрольованого руху важкої військової техніки, будівництва оборонних споруд, мінування, вибухів, а також інших причин, пов'язаних зі збройним конфліктом.

Навіть на тих ділянках доріг, де безпосередньо не відбувалися бойові дії, покриття доріг істотно деформоване через рух важкої військової гусеничної техніки. На даному етапі важко оцінити, чи вплинуло таке навантаження на довговічність автомобільних доріг. Однак, вже зараз неможливо заперечити, що шумовий фон навколо автомобільних доріг зазнав значних змін. Згідно з результатами досліджень, представленими у статті, збільшення рівня шуму (вимірювання виконувались як в салоні різних автомобілів, так і поруч з проїзною частиною) на деформованих ділянках доріг коливається від 10 до 22 дБ, залежно від типу транспортного засобу та швидкості. Отже, загальний шумовий фон

може перевищувати рекомендовані значення та впливати на здоров'я людей. У статті розглядаються причини підвищення рівня шуму.

Ключові слова: зчипні властивості дорожнього покриття, коефіцієнт зчеплення, текстура покриття, шорсткість покриття, дорожнє покриття.

Вступ

Внаслідок руху гусеничної військової техніки по дорогам України відбувається утворення на покритті вм'ятин глибиною у 2-3 мм і шириною близько 5 см. Такі сліди залишають спеціальні виступи на гусеницях – ґрунтозачепа. На поверхні дорожнього покриття, що зазнало впливу гусеничної техніки утворюється специфічний мікро профіль. При русі по такому профілю умови робити шини автомобіля змінюються, що виражається в істотному збільшенні шуму під час руху [1-3].

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є оцінка шумового забруднення салонів автомобілів, що рухаються по пошкоджених ділянках автомобільних доріг. Завдання дослідження – вимірювання рівня шуму в салонах різних автомобілів під час руху по пошкоджених і непошкоджених ділянках, порівняння з діючими санітарними нормами.

Матеріали та методи

Для досліджень використовувався цифровий вимірювач шуму моделі «SVAN-974», а також програмне забезпечення для вимірювання шуму «Sound Meter 2.7.8».

Результати та обговорення

Специфічний мікропрофіль на покритті доріг. Чисельні проходи гусеничної техніки призводять до формування на покритті особливого профілю (рис. 1).

Із зрозумілих причин неможливо встановити кількість проходів і вид техніки, що рухалася по дорозі. Але за результатами огляду різних ділянок можна зробити наступні висновки. В результаті одиночних проїздів машин на покритті утворюється ряд вм'ятин з кроком, що відповідає кроку ґрунтозачепів на гусениці. Після певної кількості проходів техніки формується періодичний профіль з довжиною хвилі 5-7 см і амплітудою 2,5-3,2 мм (рис. 2).

За непрямыми ознакам були виділені ділянки, на яких була відносно невелика кількість проходів, і ділянки (переважно на магістральних вулицях), де кількість проходів техніки буда значно більша. Слід зазначити, що результати вимірювань профілю, що утворився, фактично ідентичні.



Рис. 1. Загальний вигляд мікропрофілю, що утворився на покритті дороги в результаті проїзду гусеничної військової техніки

Тобто, після певної кількості проходів техніки на покритті формується профіль, який в подальшому неістотно змінюється в результаті нових проходів гусеничної техніки. Після літнього періоду амплітуда профілю дещо зменшується, але навіть під інтенсивним рухом колісного транспорту такий профіль не зникає повністю.



Рис. 2. Геометричні характеристики профілю, створеного гусеничними машинами

Профіль, що утворився на покритті, істотно впливає на шум, який утворюється під час руху автомобіля. Згідно досліджень [4-7] причинами шуму є ряд факторів (рис. 3).

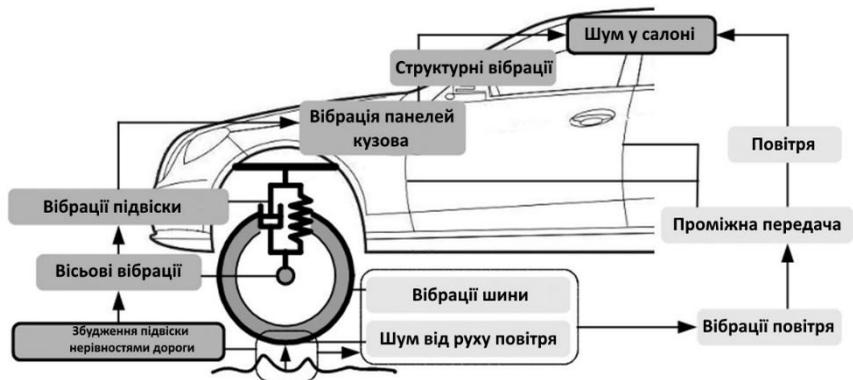


Рис. 3. Шлях передачі шуму в салон автомобіля [5]

В нашому випадку причиною збільшення шуму є зміна характеру взаємодії шини з покриттям автомобільної дороги. На нашу думку, в основному це відбувається за рахунок збільшення об'єму повітря, яке стискається і вичавлюється з-під шини під час руху автомобіля. Аналогічні процеси відбуваються, коли автомобіль рухається по покриттю, яке має значну шорсткість. Фактично, після проїздів гусеничних машин, на покритті утворюється новий профіль, що має значно більшу шорсткість, ніж попередній.

На автомобільних дорогах Харківської області і на вулично-дорожній мережі міста Харкова були виконані дослідження щодо вимірювання шуму, що утворюється в салоні легкового автомобіля під час руху по покриттях, що піддалися впливу важкої гусеничної техніки.

Вимірювання виконувалися шумоміром SVAN-974 фірми Svantek (рис. 4).



Рис. 4. Шумомір SVAN-974 фірми Svantek

Для виконання попередніх вимірювань і швидкого аналізу результатів використовувалося програмне забезпечення «Sound Meter 2.7.8» для операційної системи «Android» (рис. 5).

Вимірювання шуму виконувалось в салоні автомобіля Hyundai Getz 2008 року випуску (клас «В») з механічною трансмісією і бензиновим

двигуном 1,4 л. Для порівняння виконувались вимірювання шуму на ділянках вулиць і доріг які піддалися впливу гусеничної техніки і на сусідніх з ними ділянках, на яких візуально були відсутні сліди руху техніки. Вимірювання виконувалися під час руху в діапазоні швидкостей, дозволених на даній ділянці.

Оскільки багато вимірювань виконувалось безпосередньо в межах міста Харкова (травень – липень 2023 р.), в загальних результатах наведені дані до 60 км/год [8-15]. Результати експериментальних досліджень наведені на рис. 6 і 7.



Рис. 5. Загальний вигляд інтерфейсу програмного забезпечення «Sound Meter 2.7.8»

За результатами досліджень встановлено, що загальний рівень шуму в салоні автомобіля по покриттях, де є сліди руху гусеничної техніки, істотно зростає у порівнянні із неушкодженими покриттями. Із збільшенням швидкості руху рівень шуму істотно збільшується і сягає значень, які на 15-25 дБ вище, ніж під час руху на неушкоджених покриттях.

Були виконані аналогічні дослідження для легкових автомобілів різних класів, в тому числі для: Hyundai SantaFe (автоматична трансмісія, дизельний двигун 2,2 л), Mitsubishi Galant (автоматична трансмісія,

бензиновий двигун 2,5 л), Ford Escape (автоматична трансмісія, бензиновий двигун 2,0 л). В салоні всіх досліджуваних автомобілів рівень шуму зростає на 10-22 дБ під час руху по покриттю, де візуально спостерігаються сліди від гусеничного транспорту.

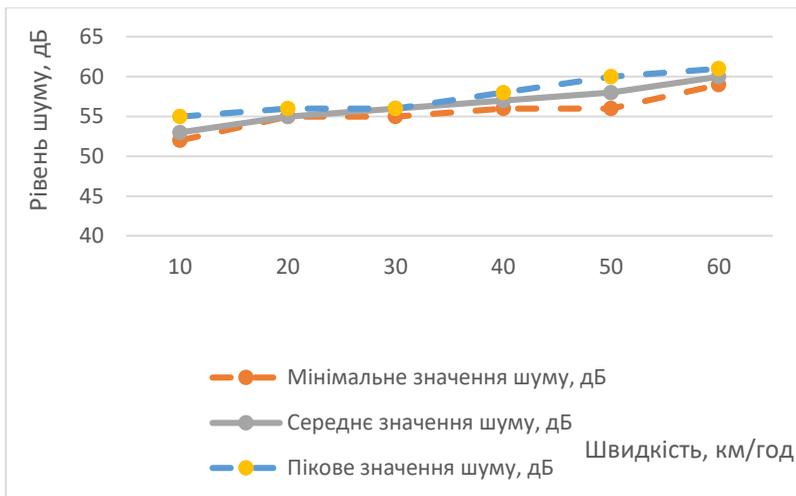


Рис. 6. Результати вимірювання шуму в салоні автомобіля під час руху по ділянках, що не мають ушкоджень (2023)

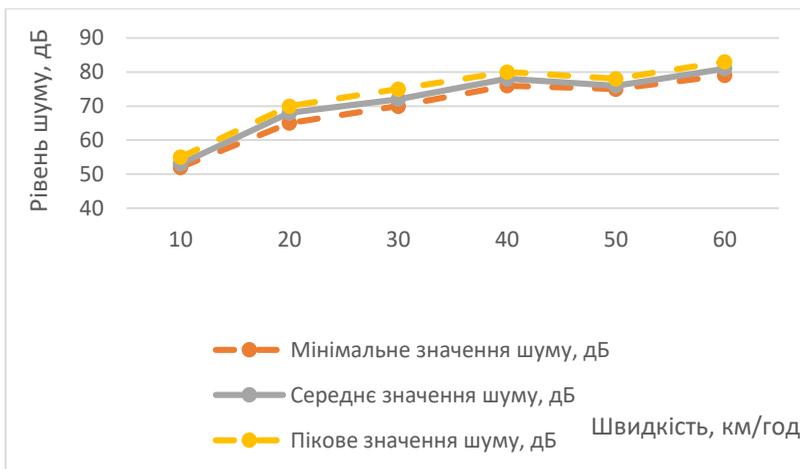


Рис. 7. Результати вимірювання шуму в салоні автомобіля під час руху по ділянках, де візуально спостерігаються сліди гусеничних машин (2023)

Ці ж ділянки були повторно досліджені з використанням тієї ж методології у травні-червні 2024 року [16]. Результати дослідження показано на рисунках 8-9.

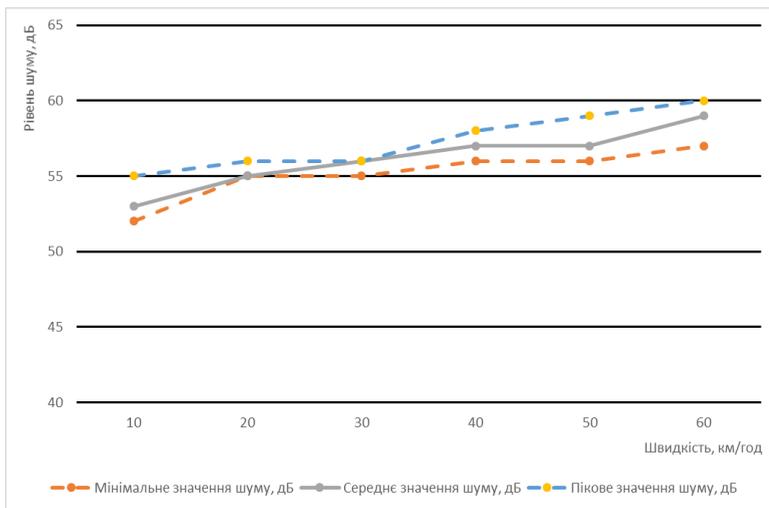


Рис. 8. Результати вимірювання шуму в салоні автомобіля під час руху по неушкоджених ділянках (2024)

В Україні регламентуються допустимі рівні промислового шуму [17]. Згідно з цим документом, встановлені такі граничні рівні шуму залежно від виду транспорту, таблиця 1.

Таблиця 1. Граничні значення рівня шуму для автомобільного транспорту, згідно ДСН 3.3.6.037-99 [17]

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівень шуму, дБ
Робочі місця водіїв та обслуговуючого персоналу тракторів, сільськогосподарчих, меліоративних, шляхово-будівельних, землерийних, транспортних та інших аналогічних машин, водіїв вантажних машин	80
Робочі місця водіїв автобусів	75
Робочі місця водіїв легкових автомобілів	65

Рисунки 8 та 9 показують, що загалом рівень шуму дещо знизився. Це, ймовірно, пов'язано зі зносом дорожнього покриття та деяким згладжуванням виступів.

Під час руху автомобіля по неушкодженому покриттю рівень шуму в салоні у всьому досліджуваному діапазоні швидкостей руху відповідає вимогам санітарних норм [17]. Під час руху по пошкодженому покриттю, починаючи зі швидкості понад 18 км/год, рівень шуму в салоні перевищує рівень, дозволений санітарними нормами України [17].

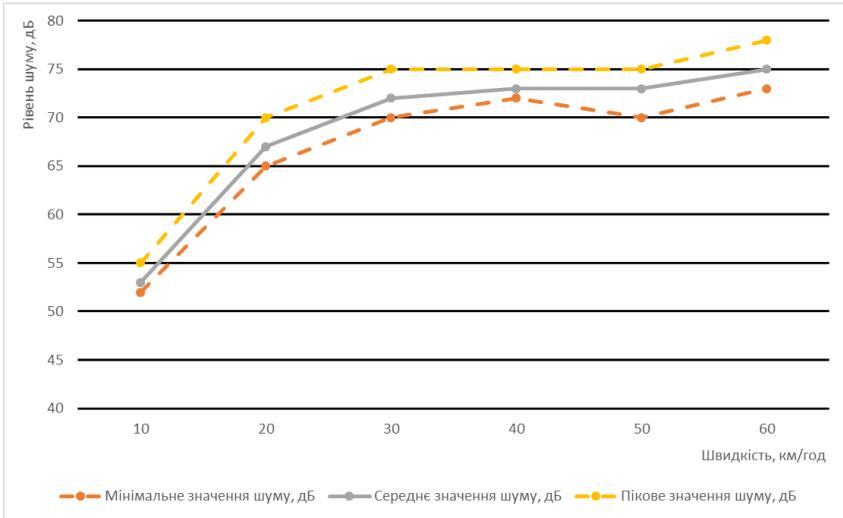


Рис. 9. Результати вимірювання шуму в салоні автомобіля під час руху по ділянках, де візуально спостерігаються сліди гусеничних машин (2024)

З подальшим збільшенням швидкості автомобіля рівень шуму може досягати значень до 83 дБ. У багатьох країнах допустимий рівень шуму до 80 дБ. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я [18], рівень шуму понад 80 дБ може становити небезпеку для людського слуху, і ця небезпека зростає зі збільшенням рівня шуму. Тому максимально допустимий рівень шуму у вітчизняних нормативних актах становить 80 дБ. Перевищення безпечного рівня, зафіксовані в салоні автомобілів, свідчить про небезпеку для водія та пасажирів.

Висновки

Масові переміщення гусеничної бронетехніки дорогами України, спричинені військовими діями, завдають не лише очевидних пошкоджень у вигляді зруйнованого дорожнього покриття, деформованих узбіч та інших дорожніх конструкцій. На ділянках доріг, де покриття витримало рух гусеничної техніки без значних деформацій, формується специфічний профіль поверхні дорожнього покриття. Дослідження, проведені у 2023

році, показали, що рух транспортних засобів по пошкоджених дорожніх покриттях збільшує рівень шуму на 10–22 дБ порівняно з тим самим транспортним засобом, що рухається по неушкодженому дорожньому покриттю. Рівень шуму починає значно зростати зі швидкості 20 км/год і може сягати 17 дБ. На швидкості 60 км/год шум від легкового автомобіля може досягати 83 дБ, перевищуючи допустимі норми. Ці ж ділянки доріг були повторно обстежені у 2024 році. Було зафіксовано, що рівень шуму дещо знизився порівняно з 2023 роком, сягаючи 78 дБ, що все ще значно вище, ніж на неушкоджених ділянках, та перевищує рекомендовані значення. Оскільки шум від транспорту суттєво впливає на здоров'я людини, це явище потребує подальшого вивчення та розробки заходів щодо нейтралізації або зменшення його негативного впливу.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. R.V. Smolianiuk, T.M. Grishchenko, V.A. Kolosovsky, O.Yu. Malyarenko, O.Yu. Kostirko, "The influx of military operations in Ukraine into the transport infrastructure," Collection of scientific works 86th International Scientific Conference of University Students (April 2024), 146-150.
2. Yu. Lan, H. Roberts, M-P. Kwan, M. Helbich, "Transportation noise exposure and anxiety: a systematic review and meta-analysis," in Environ. Res., 2020, 191, 110118.
3. S. Khomenko, M. Cirach, J. Barrera-Gómez, E. Pereira-Barboza, T. Iungman, N. Mueller, M. Foraster, C. Tonne, M. Thondoo, C. Jephcote, J. Gulliver, J. Woodcock, M. Nieuwenhuijsen, "Impact of road traffic noise on annoyance and preventable mortality in European cities" in A health impact assessment. Environment International 2022, 162.
4. H. Steven, "Investigations on noise emission of motor vehicles in road traffic," Final Report. Research project 2005, 200 54 135.
5. J. He, X. Jin, W. Wang, H. Jianfeng, J. Xiaoxiong, W. Wanying, "Analysis of tire tread pattern's impact on interior vibration and noise based on wavelet transform" in Applied Mechanics and Materials 2011, 66, 68-3, 1755-1761.

6. J. Pang, T. Mao, W. Jia, X. Jia, P. Dai, H. Huang, "Prediction and Analysis of Vehicle Interior Road Noise Based on Mechanism and Data Series Modeling" in *Sound & Vibration* 2024, 58, 59-80.

7. Q. Zeng, H. Wang, L. Ji, S. Li, Y. Huang, "Road noise analysis and optimization research of vehicles based on wheel core loads," in *Noise and Vibration Control* 2020, 40(4), 183-189.

8. ISO/PAS 11819-4, 2013. Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 4: SPB method using backing board.

9. ISO/TS 13471-1, 2017. Acoustics – Temperature influence on tyre/road noise measurement – Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method.

10. ISO 11819-1, 1997. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By method.

11. ISO 11819-2, 2017. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method.

12. ISO 1996-1, 2016. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures.

13. ISO 1996-2, 2017. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels.

14. ISO 9613-1, 1993. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.

15. ISO 9613-2, 1996. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation. International Organization for Standardization.

16. K. Guido, T. Beckenbauer and H-P. Beyeler, "Continuous road traffic noise monitoring and aging of asphalt surfaces," INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering 2016, 253, 1.

17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

18. World Health Organization, Home/Newsroom/Questions and answers/Deafness and hearing loss: Safe listening, <https://www.who.int/newsroom/questions-and-answers/item/deafness-and-hearing-loss-safe-listening>, last accessed 2023/05/05. Gomon, P. S., Polishchuk, M. V. (2022). Stress-strain state of wood beams with combined reinforcement at different load levels. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 17, 23-30. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-03](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-03)

Література

1. Смоляннюк Р.В., Грищенко Т.М., Колосовський В.А., Маляренко О.Ю., Костирко О.Ю. Вплив воєнних дій в Україні на стан транспортної інфраструктури. Збірник наукових праць 86-ї міжнародної наукової конференції студентів університету (Квітень, 2024), 146-150.

2. Yu. Lan, H. Roberts, M-P. Kwan, M. Helbich, "Transportation noise exposure and anxiety: a systematic review and meta-analysis," in *Environ. Res.*, 2020, 191, 110118.

3. S. Khomenko, M. Cirach, J. Barrera-Gómez, E. Pereira-Barboza, T. Iungman, N. Mueller, M. Foraster, C. Tonne, M. Thondoo, C. Jephcote, J. Gulliver, J. Woodcock, M. Nieuwenhuijsen, "Impact of road traffic noise on annoyance and preventable mortality in European cities" in *A health impact assessment. Environment International* 2022, 162.

4. H. Steven, "Investigations on noise emission of motor vehicles in road traffic," Final Report. Research project 2005, 200 54 135.

5. J. He, X. Jin, W. Wang, H. Jianfeng, J. Xiaoxiong, W. Wanying, "Analysis of tire tread pattern's impact on interior vibration and noise based on wavelet transform" in *Applied Mechanics and Materials* 2011, 66, 68-3, 1755-1761.

6. J. Pang, T. Mao, W. Jia, X. Jia, P. Dai, H. Huang, "Prediction and Analysis of Vehicle Interior Road Noise Based on Mechanism and Data Series Modeling" in *Sound & Vibration* 2024, 58, 59-80.

7. Q. Zeng, H. Wang, L. Ji, S. Li, Y. Huang, "Road noise analysis and optimization research of vehicles based on wheel core loads," in *Noise and Vibration Control* 2020, 40(4), 183-189.

8. ISO/PAS 11819-4, 2013. Acoustics – Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise – Part 4: SPB method using backing board.

9. ISO/TS 13471-1, 2017. Acoustics – Temperature influence on tyre/road noise measurement – Part 1: Correction for temperature when testing with the CPX method.

10. ISO 11819-1, 1997. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: Statistical Pass-By method.

11. ISO 11819-2, 2017. Acoustics – Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method.

12. ISO 1996-1, 2016. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and assessment procedures.

13. ISO 1996-2, 2017. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels.

14. ISO 9613-1, 1993. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere.

15. ISO 9613-2, 1996. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation. International Organization for Standardization.

16. K. Guido, T. Beckenbauer and H-P. Beyeler, "Continuous road traffic noise monitoring and aging of asphalt surfaces," INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings. Institute of Noise Control Engineering 2016, 253, 1.

17. DSN 3.3.6.037-99 Sanitary norms of industrial noise, ultrasound and infrasound

18. World Health Organization, Home/Newsroom/Questions and answers/Deafness and hearing loss: Safe listening, <https://www.who.int/newsroom/questions-and-answers/item/deafness-and-hearing-loss-safe-listening>, last accessed 2023/05/05. Gomon, P. S., Polishchuk, M. V. (2022). Stress-strain state of wood beams with combined reinforcement at different load levels. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 17, 23-30. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7\(17\)-03](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2022-7(17)-03)

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 10.11.2025	Received 10.11.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 17.11.2025	Received in revised form 17.11.2025
Прийнято 25.11.2025	Accepted 25.11.2025
Опубліковано 25.12.2025	Published 25.12.2025

R. V. Smolianiuk

Ph.D., Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7087-7834>

Department of Construction and Operation of Highways named after O.K. Birulya
Kharkiv National Automobile and Highway University, Yaroslava Mudryho St., 25, Kharkiv,
Ukraine, 61002

N. V. Smolianiuk

Ph.D., Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4254-8990>

Department of bridges, structures and building mechanics named after V. O. Rosiiskyyi
Kharkiv National Automobile and Highway University, Yaroslava Mudryho St., 25, Kharkiv,
Ukraine, 61002

*corresponding author, e-mail: smalia@ukr.net

Mathematical increase of noise pollution from vehicle transport as a consequence of combat actions on the territory of Ukraine

How to Cite:

R. V. Smolianiuk, N. V. Smolianiuk (2025). Mathematical increase of noise pollution from vehicle transport as a consequence of combat actions on the territory of Ukraine. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 24, 465-476. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14\(24\)-40](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-14(24)-40)

Abstract. The military actions on the territory of Ukraine have significantly affected all aspects of life of Ukrainians including transport infrastructure. Motor roads of Ukraine have been significantly affected. The pavement and roadsides of many roads, as well as their subgrades, are significantly deformed due to the uncontrolled movement of heavy armored vehicles, both wheeled and tracked, the construction of military structures, mine laying, explosions and other reasons related to the war.

Roads are important logistical routes on which the country's economy heavily depends. For Ukraine, roads hold particular significance, as they are the main channels for supplying the army. The country's roads have been severely damaged. In many areas, the pavement, roadside and roadbeds have been significantly affected by the uncontrolled movement of heavy military vehicles, the construction of defensive structures, mine laying, explosions and also other reasons related to the armed conflict.

Even on those sections of the roads, where military actions did not take place directly, the road surface is significantly deformed due to the movement of heavy armored tracked vehicles. At this stage, it is difficult to estimate whether such a load has affected the durability of motor roads. However, it is already undeniable that the noise background around the motor roads has undergone significant changes. According to the research results presented in the article, the increase in noise levels on deformed road sections ranges from 10 to 22 dB, depending on the type of vehicle and speed. Therefore, the total noise background may exceed recommended values and affect people's health. The article examines the reasons for the increase in noise levels.

Keywords: frictional properties of payment, friction coefficient, payment texture, road payment.