

АНОТАЦІЯ

Кашлев М.С. Засоби зниження будівельного шуму при відновленні та реконструкції будівель і споруд. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 26 – «Цивільна безпека», за спеціальністю 263 – «Цивільна безпека» – Київський національний університет будівництва і архітектури, МОН України, Київ, 2026.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-практичного завдання зниження впливу будівельного шуму на працюючих і населення при виконанні відновлювальних будівельних робіт в умовах щільної житлової забудови.

Проаналізовано наукові публікації та прикладні розробки щодо захисту працюючих і населення від впливу шуму техногенного походження, у тому числі й інфразвуку. Показано, що в умовах наближеності місць постійного або тимчасового перебування людей до джерел шуму, традиційні засоби захисту від акустичних впливів – акустичні екрани недостатньо ефективні. В умовах обмежених просторів тонкі акустичні екрани, у залежності від параметрів імпедансних поверхонь, можуть підвищувати рівні шуму внаслідок інтерференційних явищ. Особливо це стосується низькочастотної області звукового спектра. При цьому внаслідок відбиття та перевідбиття акустичних хвиль будівельні конструкції не забезпечують нормативних значень звукоізоляції.

Досліджено фактичні значення широкосмугового шуму типової будівельної техніки та будівельних майданчиків. Показано, що значна частина такого шуму припадає на низькочастотну частину звукового спектра та інфразвуку, які мають малі коефіцієнти згасання у повітрі і будівельних та екрануючих матеріалах.

Розроблено загальні засади проєктування конструкцій для зниження рівнів низькочастотного звуку та інфразвуку.

Розроблено математичний апарат для проєктування резонансних панелей для поглинання звукових та інфразвукових коливань. На відміну від існуючих рішень,

проектування спирається на неперервні спектральні значення звуку, що дозволяє обирати за резонансні частоти звуку та інфразвуку максимальних амплітуд. При цьому розрахунки здійснюються з використанням параметрів матеріалів, які є довідковими – пружні модулі, густина тощо. Теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено підвищення ефективності звукопоглинальних панелей з нерегулярним розташуванням перфорації певних розмірів.

Вдосконалено модель Delany-Bazley щодо коефіцієнта поглинання звуку пористими матеріалами. Усі розрахунки з прийнятною похибкою зведено до одного параметра – питомому опорі повітряному потоку, який легко вимірюється в імпедансній трубі. Усі розрахунки здійснюються у дійсній формі, що спрощує практичне застосування моделі. Верифікація результатів теоретичних досліджень за допомогою натурних вимірювань показала прийнятну збіжність розрахункових та експериментальних даних. Зокрема встановлено, що розроблений пористий матеріал на основі базальтових волокон забезпечує коефіцієнти шумопоглинання у низькочастотній області звукового спектра до 0,45–0,50. Для середніх і високих частот – 0,75–0,90. Показано можливість розширення функціональних можливостей шумопоглинальних матеріалів, наприклад, для екранування електромагнітних полів широкого частотного діапазону.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

Вперше: обґрунтовано засади проектування широкосмугових звукопоглинальних конструкцій, що дозволило забезпечити індекси зниження звуку у низькочастотній частині звукового спектра 5–8 дБ, у середньо- та високочастотній області – 25–35 дБ.

Вдосконалено: існуючі моделі поглинання звуку пористими середовищами шляхом визначення відповідних коефіцієнтів через опір продуванню та здійснення розрахунків у дійсній формі.

Набули подальшого розвитку: розрахункові методи прогнозування ефективності шумозахисних екранів застосуванням, на відміну від існуючих методів, параметрів матеріалів, які є довідковими. Це дозволило зменшити обсяги

експериментальних досліджень з випробування ефективності захисних конструкцій та отримання вихідних даних.

Практичне значення одержаних результатів полягає у наступному:

Вдосконалений розрахунковий апарат дозволяє здійснювати прогнозування захисних властивостей матеріалів і конструкцій у залежності від амплітудно-частотних характеристик звуку та інфразвуку та умов їх застосування фахівцями-практиками без спеціальної підготовки. У розрахунки закладено використання довідкових параметрів матеріалів з мінімальною кількістю даних, які отримуються експериментально у лабораторних умовах. Визначені засади проєктування конструкцій дозволяють у практичній роботі нормалізувати рівні шуму та інфразвуку у залежності від їх інтенсивності, розташування шумозахисних конструкцій тощо. Випробування захисних конструкцій у реальних умовах експлуатації свідчить про їх достатню ефективність. Результати досліджень впроваджено у навчальний процес Київського національного університету будівництва і архітектури при підготовці фахівців з цивільної безпеки та технології захисту навколишнього середовища.

Ключові слова: будівельний шум, щільна забудова, індекс зниження шуму, акустичний екран, резонансна панель.

ABSTRACT

Kashlev M.S. Means of reducing construction noise during the restoration and reconstruction of buildings and structures. – Qualification scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the field of knowledge 26 – "Civil Security", specialty 263 – "Civil Security" Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kyiv, 2026.

The dissertation is devoted to solving the urgent scientific and practical problem of reducing the impact of construction noise on workers and the population during restoration work in densely populated residential areas.

Scientific publications and applied developments regarding the protection of workers and the general public from the effects of man-made noise, including infrasound, have been analysed. It has been shown that in conditions where places of permanent or temporary human habitation are located close to noise sources, traditional means of protection against acoustic effects – acoustic screens – are insufficiently effective. In confined spaces, thin acoustic screens, depending on the parameters of the impedance surfaces, can increase noise levels due to interference phenomena. This is particularly true in the low-frequency region of the sound spectrum. Furthermore, due to the reflection and re-reflection of acoustic waves, building structures do not meet the standard sound insulation requirements.

The actual values of broadband noise from typical construction machinery and construction sites have been investigated. It has been shown that a significant proportion of such noise falls within the low-frequency part of the sound spectrum and infrasound, which have low attenuation coefficients in air and in building and screening materials.

General principles for the design of structures to reduce low-frequency sound and infrasound levels have been developed.

A mathematical framework has been developed for the design of resonant panels to absorb sound and infrasound vibrations. Unlike existing solutions, the design is based on continuous spectral values of sound, which allows the selection of resonance frequencies for sound and infrasound of maximum amplitudes. In this case, calculations are performed using reference material parameters – elastic moduli, density, etc. The increased efficiency of sound-absorbing panels with irregularly arranged perforations of specific sizes has been theoretically substantiated and experimentally confirmed.

The Delany-Bazley model regarding the sound absorption coefficient of porous materials has been improved. All calculations, with an acceptable margin of error, are reduced to a single parameter – the specific resistance to air flow, which is easily measured in an impedance tube. All calculations are performed in real form, which simplifies the practical application of the model. Verification of the theoretical results using field measurements showed acceptable agreement between the calculated and

experimental data. In particular, it was established that the developed porous material based on basalt fibres provides sound absorption coefficients in the low-frequency region of the sound spectrum of up to 0.45–0.50. For mid and high frequencies – 0.75–0.90. The possibility of expanding the functional capabilities of sound-absorbing materials has been demonstrated, for example, for shielding electromagnetic fields across a wide frequency range.

The scientific novelty of the results obtained lies in the following:

For the first time: the principles of designing broadband sound-absorbing structures have been substantiated, enabling sound reduction indices of 5–8 dB in the low-frequency part of the sound spectrum and 25–35 dB in the mid- and high-frequency regions.

Existing models of sound absorption by porous media have been improved by determining the relevant coefficients based on airflow resistance and performing calculations in real form.

Further development has been achieved in: calculation methods for predicting the effectiveness of noise barriers by using, unlike existing methods, material parameters that are reference values. This has made it possible to reduce the scope of experimental studies on testing the effectiveness of protective structures and obtaining initial data.

The practical significance of the results obtained lies in the following:

The improved calculation framework enables the prediction of the protective properties of materials and structures depending on the amplitude-frequency characteristics of sound and infrasound and the conditions of their application by practitioners without specialised training. The calculations are based on the use of reference material parameters with a minimum amount of data obtained experimentally under laboratory conditions. The established principles of structural design allow for the normalisation of noise and infrasound levels in practical work, depending on their intensity, the location of noise-protective structures, and so on. Tests of protective structures under real operating conditions demonstrate their sufficient effectiveness. The research findings have been incorporated into the curriculum of Kyiv National University

of Construction and Architecture in the training of specialists in civil safety and environmental protection technology.

Keywords: construction noise, dense development, noise reduction index, acoustic screen, resonant panel.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз (Scopus)

1. N. Burdeina, V. Glyva, L. Levchenko, G. Krasnianskyi, Y. Biruk, S. Zozulya, L. Zozulya, M. Kashlev, T. Grzelakowski. (2025). Innovative Approaches to Designing Sound Insulation in Historic Buildings during Reconstruction. *International Journal of Conservation Science*, Volume 16, Special Issue. pp. 373-382, DOI: 10.36868/IJCS.2025.si.01

Статті у наукових фахових виданнях України

2. Glyva, V., Gusev, V., Biruk, Y., & Kashlev, M. (2024). Засади зниження рівнів низькочастотного звуку та інфразвуку у виробничих та побутових умовах. Системи управління, навігації та зв'язку. *Збірник наукових праць*, 1(75), 170-173. <https://doi.org/https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.1.170>

3. Glyva, V., Kashlev, M., Tkachuk, K. 2024. Дослідження рівнів шуму при реконструкції й відновленні будівель і визначення заходів його зниження. Системи управління, навігації та зв'язку. *Збірник наукових праць*. 4, 78 (Лис 2024), 184-186 <https://doi.org/https://doi.org/10.26906/SUNZ.2024.4.184>

4. Глива В. А., Кашлев М. С. Екранування шуму будівельного обладнання. Системи управління, навігації та зв'язку. *Збірник наукових праць*. 2(80), 2025, с 222-225, doi: 10.26906/SUNZ.2025.1.222-225

5. Глива В. А., Кашлев М. С. 2025. Дослідження ефективності тонких шумозахисних екранів в умовах обмежених просторів. Системи управління,

навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. 4 (82), с. 160-163, doi: 10.26906/SUNZ.2025.4.160-163

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Глива В.А., Левченко Л.О., Кашлев М.С. Моніторинг інфразвукового навантаження на території, прилеглі до об'єктів енергетики. Екологія. Ресурси. Енергія: тези доп. міжнар. наук.-прак. конференції, м. Київ, 22-24 листопада 2023 р. Київ, 2023. с. 112-113 https://www.knuba.edu.ua/wp-content/uploads/2023/11/jere_2023_program_tezu.pdf

7. V. Glyva, S. Zozulya, M. Kashlev. Investigation of the spectral composition of construction machinery noise and development of a methodology for improving the effectiveness of protective equipment. REPORTS of the 5th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE ENERGY. RESOURCES. ECOLOGY, November 27-29, 2024, KYIV, p. 106.

8. Grygorii Krasnianskyi, Oleg Besarab, Mykhailo Kashlev, Denys Khomenko. Prediction of sound absorption characteristics of porous materials. REPORTS of the 6th INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE ENERGY. RESOURCES. ECOLOGY, December 3-5, 2025, KYIV, p. 86-87.