

ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА CIVIL SAFETY

УДК 534.6:625.7

Artem Maksymenko, Post-Graduate of the Department of Labour and Environmental Protection
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-7880-8167> **e-mail:** mksmknkart@gmail.com

Iryna Klimova, Candidate of technical sciences, Docent of the Department of Labour and Environmental Protection
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5591-9952> **e-mail:** irynaklimova63@gmail.com

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ANALYSIS OF CURRENT SCIENTIFIC RESEARCH ON METHODS OF ASSESSING THE IMPACT OF INDUSTRIAL NOISE ON WORKERS AND ITS NEGATIVE HEALTH EFFECTS

***Annotation.** The article examines the problem of the impact of industrial noise on workers, the production environment, residents of adjacent territories, and the environment. The relevance of the topic is associated with the growing number of noise sources, industrial development, increasing complexity of technological processes, and the widespread use of high-performance equipment that creates significant noise loads. It has been established that industrial noise is one of the most dangerous factors of the working environment, as it affects not only the human auditory system but also the nervous, cardiovascular, and endocrine systems, reduces work capacity, increases fatigue and stress levels, and raises the risk of occupational injuries. The paper summarizes modern scientific approaches to studying the nature of industrial noise, its physical characteristics, spectral composition, temporal features, and propagation patterns. The main noise sources at industrial enterprises are considered, including mechanical equipment, crushers, presses, hammers, compressors, fans, turbines, conveyors, transformers, metal-cutting machines, ventilation systems, and technological processes such as cutting, grinding, drilling, and welding. It has been determined that most industrial sectors are characterized by noise levels exceeding 85 dB(A), while some technological processes may generate noise above 100 dB(A), creating a high risk of occupational hearing loss. Impulse and low-frequency noise are particularly dangerous because they may cause pronounced vibroacoustic effects on the human body. The article analyzes modern methods of noise impact assessment, including field acoustic measurements, noise exposure assessment, acoustic modeling, GIS technologies, and noise mapping. It is shown that the use of digital models makes it possible not only to identify the most hazardous production areas but also to predict noise propagation and assess the effectiveness of noise protection measures. Considerable attention is paid to the analysis of international and Ukrainian regulatory documents in the field of occupational noise, including International Organization for Standardization ISO 9612:2025, European Union Directive 2003/10/EC, DSN 3.3.6.037-99, and Order №540 of the Ministry of Health of Ukraine. It has been established that modern scientific studies increasingly consider noise as a complex risk factor that affects not only hearing but also psycho-emotional condition, occupational burnout, reaction speed, quality of life, and worker safety. Promising directions for further research include the use of IoT sensors, dynamic noise maps, real-time monitoring systems, and artificial intelligence for predicting noise risks and developing effective noise protection measures.*

Key words: industrial noise, noise exposure, acoustic modeling.

А.В. Максименко, І.В. Клімова

Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВОГО ШУМУ НА ПРАЦІВНИКІВ ТА ЙОГО НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я

***Анотація.** У статті досліджено проблему впливу промислового шуму на працівників, виробниче середовище, населення прилеглих територій і довкілля. Актуальність теми пов'язана зі зростанням кількості джерел шуму, розвитком промисловості, ускладненням технологічних процесів та поширенням високопродуктивного обладнання, яке створює значне шумове навантаження. Встановлено, що промисловий шум є одним із найбільш небезпечних факторів виробничого середовища, оскільки впливає не лише на слуховий апарат людини, але й на нервову, серцево-судинну та ендокринну системи, знижує працездатність, підвищує рівень втоми, стресу та ризик виробничого травматизму. У роботі узагальнено сучасні наукові підходи до вивчення природи промислового шуму, його фізичних характеристик, спектрального складу, часових особливостей та закономірностей поширення. Розглянуто основні джерела шуму на підприємствах, серед яких механічне обладнання, дробарки, преси, молоти, компресори, вентилятори, турбіни, конвеєри, трансформатори, металообробні верстати, вентиляційні системи та технологічні процеси різання, шліфування, буріння і зварювання. Визначено, що для більшості галузей промисловості характерні рівні шуму понад 85 дБ(А), а окремі технологічні процеси можуть супроводжуватись шумом понад 100 дБ(А), що створює високий ризик професійної втрати слуху. Особливу небезпеку становлять імпульсні та низькочастотні шуми, які можуть викликати виражений віброакустичний вплив на організм людини. У статті проаналізовано сучасні методи оцінювання шумового впливу, зокрема натурні акустичні вимірювання, оцінку шумової експозиції, акустичне моделювання, GIS-технології та побудову шумових карт. Показано, що застосування цифрових моделей дозволяє не лише визначати найбільш небезпечні виробничі ділянки, але й прогнозувати поширення шуму та оцінювати ефективність шумозахисних заходів. Значну увагу приділено аналізу міжнародних та українських нормативних документів у сфері виробничого шуму, зокрема ISO 9612:2025, Директиви 2003/10/ЄС, ДСН 3.3.6.037-99 та наказу МОЗ України №540. Встановлено, що сучасні наукові дослідження дедалі частіше розглядають шум як комплексний фактор ризику, який впливає не лише на слух, але й на психоемоційний стан, рівень професійного вигорання, швидкість реакції, якість життя та безпеку працівників. Перспективними напрямами подальших досліджень визначено використання IoT-сенсорів, динамічних шумових карт, систем реального моніторингу та штучного інтелекту для прогнозування шумових ризиків і розроблення ефективних заходів шумозахисту.*

***Ключові слова:** промисловий шум, шумова експозиція, акустичне моделювання.*

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2026.2.105-116>

Вступ

Промисловий шум є одним із найпоширеніших і найнебезпечніших видів шумового забруднення. Його актуальність пов'язана зі зростанням кількості джерел шуму, розвитком технологій та значним негативним впливом на людей і довкілля. Наслідки промислового шуму проявляються в екологічній, біологічній та соціально-економічній сферах.

За результатами Шостого Європейського опитування умов праці, у 2015 році близько 28% працівників у країнах Європи регулярно працювали в умовах надмірного шуму [1]. Найбільшому ризику піддаються працівники гірничодобувної, металургійної, машинобудівної, будівельної галузей, а також сфер водопостачання та переробки сировини. Шум впливає не лише на працівників, а й на людей, які перебувають поруч із промисловими об'єктами.

Для України проблема є особливо актуальною через значну кількість підприємств важкої промисловості. За даними статистики, понад половина працівників працюють в умовах впливу шуму, а частина з них — при перевищенні допустимих норм [2].

Тривалий вплив шуму призводить до погіршення слуху, порушень роботи нервової та серцево-судинної систем, підвищеної втоми та розвитку професійних захворювань. Особливо небезпечним є постійний шум понад 85 дБ(А), який може викликати втрату слуху вже через кілька років роботи [3].

Промисловий шум також знижує уважність і працездатність працівників, підвищує ризик помилок, аварій та виробничого травматизму. Для підприємств це означає додаткові витрати на лікування, компенсації, втрату продуктивності та плинність кадрів.

Окремою проблемою є вплив шуму на навколишнє середовище. Промислові об'єкти формують зони акустичного забруднення, де рівень шуму перевищує допустимі норми. Це особливо небезпечно для житлових районів, навчальних і медичних закладів. Постійний шум погіршує якість життя населення, сприяє стресу та розвитку хронічних захворювань.

Тому проблема промислового шуму потребує комплексного вирішення: зниження шуму від обладнання, удосконалення технологій, проведення акустичного моніторингу та розроблення державних програм оцінки і прогнозування шумового забруднення.

Метою цього аналітичного огляду є вивчення, узагальнення та критичний аналіз наукових досліджень, присвячених впливу шуму від промислових об'єктів і обладнання на довкілля, здоров'я людини, працездатність та психоемоційний стан працівників. Огляд спрямований на визначення сучасних підходів до оцінки шумового забруднення, виявлення основних тенденцій та наукових прогалин.

Об'єктом дослідження виступає промисловий шум як комплексний фізико-акустичний і гігієнічний фактор виробничого середовища, що формує ризики для здоров'я, працездатності та безпеки працівників, а також впливає на довкілля і населення прилеглих територій.

Предмет дослідження: теоретико-методичні засади, інструментарій та сучасні підходи до оцінювання впливу промислового шуму (включаючи акустичні вимірювання, оцінку шумової експозиції, математичне та GIS-моделювання), а також закономірності його фізичного поширення і медико-біологічної дії на організм людини.

Активний розвиток промисловості й технологій робить проблему шумового забруднення дедалі актуальнішою. Високий рівень шуму на підприємствах негативно впливає на слух, нервову, серцево-судинну та ендокринну системи людини, викликає втому, стрес і зниження продуктивності праці. Крім того, шум поширюється за межі підприємств, впливаючи на мешканців прилеглих територій і природні екосистеми. Тому узагальнення сучасних досліджень є важливим для розроблення ефективних заходів шумового контролю.

Основними завданнями огляду є аналіз джерел промислового шуму, його фізичних характеристик і особливостей поширення; систематизація методів акустичних вимірювань, математичного моделювання та створення шумових карт; узагальнення даних про вплив шуму на здоров'я, увагу, швидкість реакції та безпеку праці; порівняння українських і міжнародних нормативів; аналіз технічних та організаційних заходів зниження шуму, а також визначення малодосліджених напрямів, зокрема впливу низькочастотного шуму.

Очікується, що результати огляду дадуть цілісне уявлення про сучасний стан проблеми промислового шуму, дозволять визначити ефективні способи його зниження та стануть основою для подальших досліджень.

Критерії відбору джерел

Для забезпечення наукової обґрунтованості аналітичного огляду було визначено систему критеріїв, за якими здійснювався добір і подальший аналіз наукових джерел. Використання цих критеріїв дало змогу сформулювати вибірку праць, що найбільш повно відображають сучасний стан досліджень проблеми впливу промислового шуму на людину, виробниче середовище та довкілля.

Першим і основним критерієм була тематична відповідність джерел темі дослідження. До огляду включались лише ті роботи, які безпосередньо стосуються негативного впливу шуму від промислових об'єктів і інженерного обладнання. Особлива увага приділялась працям, у яких розглядалися джерела виникнення шуму, його фізичні характеристики, закономірності поширення, методи вимірювання та оцінювання, а також питання впливу шуму на здоров'я людини, працездатність і стан навколишнього середовища. Крім того, враховувались дослідження, присвячені способам зниження шуму та підвищенню ефективності шумозахисних заходів.

Другим важливим критерієм була наукова достовірність і якість джерел. Для аналізу використовувались статті з фахових наукових журналів, монографії, нормативні документи, стандарти, звіти міжнародних організацій, зокрема ВООЗ, ISO та установ Європейського Союзу, а також матеріали наукових конференцій. Перевага надавалась джерелам, які мають високу наукову цінність, містять перевірені дані та ґрунтуються на чітко описаній методології дослідження. Популярні, рекламні та ненаукові публікації не включались до аналізу.

Важливим критерієм був також хронологічний аспект. Основна увага приділялась працям, опублікованим у період з 2010 по 2026 рік, оскільки саме вони відображають сучасний рівень розвитку науки, нові підходи до оцінки шуму та сучасні технології шумозниження. Водночас у деяких випадках використовувались і більш ранні дослідження, якщо вони мають фундаментальне значення та є основою для сучасних наукових підходів.

Для забезпечення об'єктивності та повноти аналізу враховувалась географічна репрезентативність джерел. До огляду були включені як українські, так і зарубіжні наукові праці. Це дозволило порівняти підходи до оцінки промислового шуму, методи його контролю, вимоги нормативних документів і практику реалізації шумозахисних заходів у різних країнах.

Окрема увага приділялась повноті представленої інформації. До аналізу включались лише ті роботи, які містили повні результати досліджень, дані акустичних вимірювань, таблиці, графіки, схеми, результати моделювання та обґрунтовані висновки. Короткі тези, анотації або публікації без детального опису методики не використовувались, оскільки вони не дають можливості повноцінно оцінити достовірність отриманих результатів.

Ще одним критерієм був рівень практичної значущості наукових робіт. Перевага надавалась дослідженням, результати яких можуть бути використані для вдосконалення умов праці, підвищення рівня промислової безпеки, проектування шумозахисних заходів, оптимізації технологічних процесів та зменшення негативного впливу шуму на працівників і населення.

Природа та джерела промислового шуму

У фізичному розумінні шум є сукупністю небажаних звуків різної частоти та інтенсивності, що мають хаотичний характер і не несуть корисної інформації. Біологічний вплив шуму на людину залежить від його інтенсивності, частоти, тривалості та спектральних характеристик [4].

Основними джерелами промислового шуму є механічне обладнання, аеродинамічні системи, електромеханічні пристрої та технологічні процеси. До механічних джерел належать преси, дробарки, молоти, конвеєри, підшипникові та зубчасті механізми. Аеродинамічний шум створюють вентилятори, компресори, турбіни, вентиляційні системи та пневмотранспорт. Електромагнітні та електромеханічні джерела включають трансформатори, електродвигуни та частотні перетворювачі. Значний шум також виникає під час різання, шліфування, буріння, зварювання, плазмового різання, завантажувально-розвантажувальних операцій і вибухових робіт.

У багатьох галузях промисловості рівень шуму часто перевищує допустимі значення. Для металургійних, машинобудівних, деревообробних і гірничодобувних підприємств характерні рівні 85–90 дБ(А), а окремі технологічні процеси можуть створювати шум понад 100 дБ(А) [5-7]. Особливо небезпечними є імпульсні шуми від вибухів, ударних пресів або стрільби, рівень яких може перевищувати 130 дБ(С).

За часовими характеристиками промисловий шум поділяється на постійний і непостійний. Постійний шум майже не змінюється протягом робочої зміни, тоді як непостійний може коливатися більш ніж на 5 дБ. До непостійних шумів належать мінливі, імпульсні та переривчасті. Мінливий шум поступово змінюється в часі, імпульсний складається з короткочасних звукових сигналів, а переривчастий має періоди ослаблення або повного зникнення звуку.

Важливе значення має спектральна характеристика шуму, тобто розподіл рівнів звукового тиску за частотами. Для оцінки шуму використовують октавні смуги частот від 31,5 до 8000 Гц. За характером спектра шум поділяється на широкосмуговий і тональний. Широкосмуговий шум охоплює великий

діапазон частот без виражених піків і сприймається як рівномірний фон. Його прикладом є шум вентиляційного обладнання. Тональний шум характеризується переважанням окремих частот і сприймається людиною як більш дратівливий. Він характерний для трансформаторів, електродвигунів, компресорів і різних сигнальних пристроїв.

У сучасних виробничих умовах одне обладнання часто поєднує кілька видів шуму. Наприклад, чілерна установка може створювати одночасно тональний шум від компресора і широкосмуговий шум від вентиляторів. Для більшості механічних процесів характерний середньо- та високочастотний шум, який найбільше впливає на слух людини. Великогабаритне обладнання, турбіни та компресорні системи частіше генерують низькочастотний шум, який викликає віброакустичний вплив на організм [8].

Сучасні дослідження також показують, що промисловий шум часто поєднується з іншими шкідливими факторами, такими як пил, хімічні речовини, вібрація, висока температура та психоемоційне напруження. Поєднання шуму з пилом або шкідливими речовинами може посилювати ризик втрати слуху, розвитку респіраторних захворювань та інших порушень здоров'я.

Отже, промисловий шум характеризується високою інтенсивністю, складною структурою та значним різноманіттям джерел. Його вплив на людину залежить не лише від рівня шуму, а й від частоти, тривалості дії та поєднання з іншими виробничими факторами.

Методи оцінювання впливу шуму на працівників

До основних підходів оцінки впливу промислового шуму на працівників належать натурні акустичні вимірювання, оцінка шумового навантаження та акустичне моделювання.

Натурні акустичні вимірювання дозволяють визначити фактичні параметри шуму на робочих місцях, зокрема рівні звукового тиску, спектральний склад, пікові значення та тривалість впливу. Такі вимірювання є основою для подальшої оцінки умов праці та відповідності шуму нормативним вимогам.

Отримані результати вимірювань використовуються для оцінки шумового навантаження та можливого ризику для здоров'я працівників. Для цього фактичні показники порівнюють із санітарними нормами, визначають ризик втрати слуху, а також оцінюють вплив шуму на працездатність, увагу та безпеку праці.

Важливим сучасним методом є акустичне моделювання. Його перевага полягає в тому, що воно дозволяє не лише фіксувати поточний акустичний стан виробничого середовища, а й прогнозувати рівні шуму, аналізувати поширення звуку в приміщеннях та оцінювати ефективність шумозахисних заходів. На відміну від натурних вимірювань, акустичне моделювання дає змогу створити повну просторову картину шумового поля з урахуванням характеристик джерел шуму, геометрії приміщень та акустичних властивостей поверхонь.

Норми у сфері оцінки впливу промислового шуму на працівників

Перед аналізом наукових робіт доцільно розглянути міжнародні та українські нормативні документи у сфері оцінки впливу промислового шуму на працівників, оскільки саме вони є основою для більшості досліджень. Наукові роботи переважно спираються на встановлені стандарти вимірювання шуму, методи оцінки шумової експозиції та допустимі рівні шумового навантаження.

Міжнародним стандартом, який регламентує оцінку професійного шуму, є ISO 9612:2025 «Акустика. Визначення впливу професійного шуму. Методологія» [9]. Для країн Європейського Союзу аналогічну роль виконує Європейський Парламент та Директива 2003/10/ЄС [10], яка встановлює мінімальні вимоги до охорони праці та безпеки працівників при впливі шуму.

В Україні основним нормативним документом є ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [11]. Саме цей документ визначає допустимі рівні шуму, класифікацію шуму та методи його гігієнічної оцінки. Додатково використовуються положення наказу №540 Міністерства охорони здоров'я України [12], у якому встановлено граничні та робочі значення шумового впливу на робочому місці.

Варто зазначити, що в Україні також діє ДСТУ ISO 9612:2022, який фактично є адаптованим перекладом міжнародного стандарту ISO 9612, тому окремо його зазвичай не аналізують.

ISO 9612:2025 має добровільний характер, але вважається основною міжнародною методикою для вимірювання та оцінки шумової експозиції працівників. Під шумовою експозицією розуміють рівень впливу шуму на людину протягом певного часу, найчастіше протягом робочої зміни. Стандарт визначає порядок проведення вимірювань, вибір стратегії оцінки, способи обчислення добового або тижневого рівня шумового навантаження, але не встановлює допустимих меж шуму.

ДСН 3.3.6.037-99, на відміну від ISO, має обов'язковий характер і визначає конкретні допустимі рівні шуму, інфразвуку та ультразвуку на робочих місцях. Якщо рівні шуму перевищують нормативні значення, умови праці вважаються шкідливими або небезпечними. Документ також містить класифікацію шуму, методи його вимірювання та принципи розрахунку шумової дози.

Директива 2003/10/ЄС є обов'язковою для держав-членів Європейського Союзу. Вона вимагає від роботодавців оцінювати рівень шуму на робочих місцях, проводити вимірювання та вживати заходів для зниження ризику впливу шуму. У документі визначені нижні та верхні порогові значення шумової експозиції, після досягнення яких роботодавець зобов'язаний впроваджувати засоби захисту працівників.

Метою ISO 9612:2025 є уніфікація процесу вимірювання та оцінки шумового навантаження. Стандарт застосовується для дослідження шумового впливу на робочих місцях, проведення епідеміологічних досліджень, оцінки ризику втрати слуху та вибору ефективних заходів шумозахисту.

ДСН 3.3.6.037-99 використовується для всіх виробничих приміщень і відкритих промислових майданчиків, де працівники піддаються впливу шуму. Документ не лише встановлює допустимі рівні шуму, а й описує способи вимірювання та оцінки шумового навантаження.

Основною метою Директиви 2003/10/ЄС є визначення мінімальних вимог з охорони праці щодо шуму в усіх сферах діяльності. Документ орієнтований не лише на вимірювання шуму, а й на обов'язкове впровадження організаційних і технічних заходів для зменшення його негативного впливу.

Аналіз наукових досліджень

Аналіз наукових досліджень показує, що проблема впливу промислового шуму на працівників залишається актуальною для більшості галузей промисловості. Значна частина робіт присвячена вивченню ризику втрати слуху, однак сучасні дослідження все частіше розглядають шум як комплексний фактор, що впливає не лише на слуховий апарат, а й на працездатність, рівень стресу, психоемоційний стан та якість життя працівників.

Одним із найбільш системних наукових досліджень є [13], у якому узагальнено результати великої кількості епідеміологічних та експериментальних робіт щодо професійної втрати слуху через шум. Автори встановили стійкий зв'язок між рівнем шуму, тривалістю його впливу та ступенем погіршення слуху. Особливо небезпечним виявився шум понад 85 дБ(А), який значно підвищує ризик втрати слуху. Водночас важливо, що дослідники звернули увагу на кумулятивний характер дії шуму: найбільш швидке погіршення слуху відбувається протягом перших 10–15 років професійної діяльності. Перевагою роботи є велике охоплення різних галузей, однак через відмінності в методиках вимірювань і аудіометрії результати окремих досліджень важко безпосередньо порівнювати.

Подібну тематику продовжує наукова робота [14], у якій узагальнено сучасні дослідження щодо механізмів втрати слуху через вплив шуму. Автори підкреслюють, що професійна приглухуватість є однією з найпоширеніших патологій у світі, а розвиток втрати слуху залежить не лише від рівня шуму, але й від генетичних факторів, супутнього впливу вібрації, токсичних речовин та віку працівника. Важливою перевагою цієї роботи є використання сучасних молекулярно-генетичних та нейрофізіологічних підходів, однак значна частина представлених результатів отримана на тваринах, що обмежує можливість їх прямого перенесення на людину.

Сучасні дослідження дедалі частіше розглядають шум не лише як причину втрати слуху, а і як фактор погіршення загального стану працівників. В [15] було досліджено зв'язок між хронічним впливом шуму та професійним вигоранням серед працівників фармацевтичних підприємств. Було встановлено, що навіть за відсутності клінічно підтвердженої втрати слуху працівники шумних зон мають вищий рівень виснаження та нижчі показники якості життя. Подібні результати отримали в роботі [16], які довели, що навіть рівні шуму нижче допустимих меж, приблизно 70–80 дБА, можуть негативно впливати на продуктивність праці, рівень стресу та слухові пороги працівників. Це свідчить про те, що чинні нормативні межі не завжди гарантують повну безпеку для здоров'я.

Важливий напрям сучасних досліджень пов'язаний із побудовою шумових карт і просторовим аналізом шуму. В роботі [17] було побудовано GIS-карту шуму для мідно-золотодобувного підприємства в Індонезії. Було визначено, що найбільш небезпечними зонами є ділянки біля дробарок і насосного

обладнання, де рівні шуму досягали 88–97 дБА. Подібні результати були отримані в [18] на підприємстві з виробництва бетонних блоків, де побудова шумових карт дозволила виявити найбільш небезпечні виробничі ділянки та розробити заходи профілактики втрати слуху.

Окремий блок досліджень присвячений аналізу шуму від конкретних типів обладнання. У роботі [19] було встановлено, що серед металорізальних верстатів найбільш небезпечними є радіально-свердловальні, які створюють високі рівні шуму в усьому діапазоні частот. Також було визначено, що найбільші перевищення нормативів характерні для середніх і високих частот 500–4000 Гц, які найбільше впливають на слух і нервову систему. Подібні результати були отримані у роботі [20], де досліджувався шум від металообробних верстатів, і підтвердили, що багато видів обладнання працюють на межі або вище допустимих значень.

У сучасних роботах все більше уваги приділяється не лише фіксації рівнів шуму, а й розробці методів його зниження. У роботі [21] було запропоновано конструкцію звукоізоляційної панелі, яка поєднує звукопоглинання та звукоізоляцію і може бути ефективною як для високочастотного, так і для низькочастотного шуму. У науковому дослідженні [22] було розроблено комплексну систему управління шумом на гумовому виробництві, яка поєднує IoT-сенсори, шумові карти, оцінку ризиків та економічний аналіз заходів шумозахисту. Автори наголошують, що проактивний підхід до управління шумом є більш ефективним, ніж традиційне використання лише індивідуальних засобів захисту.

Ще більш перспективний напрям представлений у роботах [23] та [24]. Автори пропонують використовувати динамічні шумові карти, системи позиціонування працівників та математичну оптимізацію маршрутів пересування для зменшення шумового навантаження.

Окремо варто відзначити дослідження [25], у якому поєднано результати акустичних вимірювань із суб'єктивними оцінками працівників. Було встановлено, що шум у виробничому цеху досягав 92 дБА, а індивідуальна добова шумова експозиція працівників становила 85–89 дБА. Працівники повідомляли про втому, труднощі спілкування, головний біль, стрес і дзвін у вухах. Моделювання показало, що встановлення звукопоглинаючої стелі може знизити шум приблизно на 5–6 дБА.

Загалом сучасні наукові дослідження підтверджують, що промисловий шум є комплексним фактором ризику, який впливає не лише на слух, а й на серцево-судинну систему, психоемоційний стан, продуктивність праці та якість життя. Водночас значна частина досліджень має певні обмеження: короткий період спостереження, невеликі вибірки, недостатній аналіз спектрального складу шуму, відсутність довготривалих медичних спостережень та обмежене врахування супутніх факторів, таких як вібрація, пил, хімічні речовини та позавиробничий шум.

Найбільш перспективними напрямками подальших досліджень є розроблення динамічних шумових карт, використання IoT-сенсорів і систем реального моніторингу, застосування штучного інтелекту для прогнозування шумових ризиків, а також створення комплексних моделей, які поєднуюватимуть фізичні, медико-біологічні та соціально-економічні аспекти впливу промислового шуму.

Висновок

Проблема впливу промислового шуму на працівників залишається однією з найактуальніших у сфері охорони праці, екології та акустики. Попри тривалий період досліджень, питання шумової експозиції не втрачає значення через зростання інтенсивності виробничих процесів, ускладнення технологічного обладнання та активне використання високопродуктивних машин і механізмів.

Наукові дослідження показують, що промисловий шум є не лише фізичним фактором виробничого середовища, а й складним чинником стресу, який комплексно впливає на організм людини. Навіть рівні шуму, що не викликають явного погіршення слуху, можуть призводити до зниження працездатності, підвищеної втоми, погіршення уваги та функціональних змін в організмі.

Значна кількість наукових робіт присвячена дослідженню джерел промислового шуму та їх спектральних характеристик. Встановлено, що різні галузі промисловості формують власні шумові профілі, які відрізняються рівнями звукового тиску, частотними характеристиками, імпульсністю та тривалістю впливу. Це ускладнює створення універсальних підходів до оцінки шуму та потребує розроблення спеціалізованих методик для окремих галузей.

Отже, сучасний стан досліджень свідчить про наявність значного обсягу знань щодо механізмів дії промислового шуму та його наслідків. Водночас залишаються невирішені питання, серед яких недостатня інтеграція фізичних, медико-біологічних і соціально-економічних аспектів, обмежена кількість довготривалих досліджень та потреба у створенні комплексних моделей оцінки ризиків. Це підтверджує необхідність подальших досліджень, спрямованих на глибше вивчення впливу шуму на здоров'я та працездатність працівників, а також на розроблення ефективних заходів його зниження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ \ REFERENCES

1. Parent-Thirion, A., Biletta, I., Cabrita, J., Vargas, O., Vermeulen, G., Wilczynska, A., & Wilkens, M. (2016). *Sixth European Working Conditions Survey: Overview report*. Publications Office of the European Union.
2. State Statistics Service of Ukraine. (2020). *Labour of Ukraine in 2019*. August Trade LLC. [Державна служба статистики України. (2020). *Праця України у 2019*. Київ : ТОВ «Август Трейд»].
3. Basanets, A. V., Shydlovska, T. A., & Hvozdetyskiy, V. A. (2014). The problem of diagnosing occupational sensorineural hearing loss in Ukraine. *Ukrainian Journal of Occupational Health Problems*, 4(41). (in Ukrainian) [Басанець А. В., Шидловська Т. А., Гвоздецький В. А. (2014). Проблема діагностики професійної сенсоневральної приглухуватості в Україні. *Український журнал з проблем медицини праці*, 4(41)].
4. Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, 383(9925), 1325–1332.
5. Neitzel, R., & Seixas, N. (2005). The effectiveness of hearing protection among construction workers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2, 227–238.
6. Suter, A. L. (2002). Construction noise: Exposure, effects, and the potential for remediation. *AIHA Journal*, 63, 768–789.
7. McBride, D. I. (2004). Noise-induced hearing loss and hearing conservation in mining. *Occupational Medicine*, 54(5), 290–296.
- 8.

9. Leventhall, G. (2004). Low frequency noise and annoyance. *Noise & Health*, 6(23), 59–72.
10. International Organization for Standardization. (2025). *Acoustics — Determination of occupational noise exposure — Methodology (ISO 9612:2025)*.
11. European Parliament, & Council of the European Union. (2003, February 6). *Directive 2003/10/EC on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise)*. *Official Journal of the European Union*, L 42, 38–44.
12. Verkhovna Rada of Ukraine. (1999, December 1). *On approval of the state sanitary norms of industrial noise, ultrasound and infrasound: Order of the Ministry of Health of Ukraine No. 37*. [Верховна Рада України. Про затвердження Державних санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : наказ МОЗ України від 01.12.1999 № 37].
13. Ministry of Health of Ukraine. (2023, March 23). *On approval of the limit and action values of noise exposure in the workplace: Order No. 540*. Registered with the Ministry of Justice of Ukraine on April 7, 2023, under No. 593/39649. [Міністерство охорони здоров'я України. Про затвердження Граничних та робочих значень шумового впливу на робочому місці : наказ від 23.03.2023 № 540. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 07.04.2023 за № 593/39649].
14. Lie, A., et al. (2015). Occupational noise exposure and hearing: A systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*.
15. Reddy, R., & Fredriksson, S. (2025). Noise-induced hearing loss: 2020–2022 research highlights. *Hearing Journal*, 78(6).
16. Karaiskos, C., Vlastos, I., Farantos, G., Rachiotis, G., Simou, E., & Dounias, G. (2025). Chronic noise exposure with normal hearing is related to adverse quality of life and burnout. *European Scientific Journal*, 21(37), 1–14.
17. Gedik Toker, Ö., Tas Elibol, N., Kuru, E., Görmezoğlu, Z., Görener, A., & Toker, K. (2025). Industrial noise: Impacts on workers' health and performance below permissible limits. *BMC Public Health*, 25, Article 1615.
18. Susanto, A., Setyawan, D. O., Setiabudi, F., Savira, Y. M., Listiarini, A., Putro, E. K., Muhamad, A. F., Wilmot, J. C., Zulfakar, D., Kara, P., Shofwati, I., Sodikin, S., & Tejamaya, M. (2021). GIS-based mapping of noise from mechanized minerals ore processing industry. *Noise Mapping*, 8, 1–15.
19. Ahmed, S. S., & Gadelmoula, A. M. (2020). Industrial noise monitoring using noise mapping technique: A case study on a concrete block-making factory. *International Journal of Environmental Science and Technology*.
20. Rieznik, D. V. (2023). Experimental studies of noise pollution in machining areas. *News of the Donetsk Mining Institute*, 2(53), 60–70. (in Ukrainian) [Резнік Д. В. (2023). Експериментальні дослідження шумового забруднення механообробних дільниць. *Вісник Донецького гірничого інституту*, 2(53), 60–70].
21. Józwiak, J., Wac-Włodarczyk, A., Michałowska, J., & Kłoczko, M. (2018). Monitoring of the noise emitted by machine tools in industrial conditions. *Journal of Ecological Engineering*, 19(1), 83–93.
22. Lapshyn, O., Lapshyn, O., & Khudyk, M. (2025). Occupational noise protection in workshops with operating equipment. *Journal of Kryvyi Rih National University*, 23(2), 10–18.
23. Aldossary, M., Alghamdi, A., & Alotaibi, F. (2025). Workplace noise management in rubber manufacturing: Monitoring, mapping and control strategies. *Sustainability*, 17, Article 1181.
24. Borkowski, B., Czajka, I., Pluta, M., & Suder-Dębska, K. (2016). The conceptual design of dynamic acoustic maps to assess noise exposure. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(4), 1415–1420.
25. Reis, D., Miranda, J., Reis, J., & Duarte, M. (2022). Optimization system to minimize exposure to occupational noise. *Archives of Acoustics*, 47(1), 15–23.

26. van Dort, P. (2025). Acoustic measurements and employee feedback: Addressing noise in industrial work environments – A case study. In *Forum Acusticum Euronoise 2025: Proceedings of the 11th Convention of the European Acoustics Association* (pp. 1969–1975). Málaga, Spain.

Стаття надійшла до редакції 21.01.2026, надійшла після рецензування 09.03.2026, прийнята 24.03.2026

The article was received 21.01.2026, received after revision 09.03.2026, accepted 24.03.2026

Максименко Артем Віталійович

аспірант кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-7880-8167> **e-mail:** mksmnkart@gmail.com

Клімова Ірина Володимирівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці Київського національного університету будівництва і архітектури

Адреса робоча: пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, Україна, 03037

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5591-9952> **e-mail:** irynaklimova63@gmail.com