

УДК 004.414.6:628.423.7

DOI: 10.30838/UJCEA.2312.241225.17.1205

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО ШУМОЗАХИСТУ НА БУДІВЕЛЬНОМУ МАЙДАНЧИКУ

БЕСПАЛОВА А. В.¹, *докт. техн. наук, проф.*,

КНИШ О. І.², *канд. техн. наук, доц.*,

ДАШКОВСЬКА О. П.^{3*}, *канд. техн. наук, доц.*,

ФАЙЗУЛИНА О. А.⁴, *канд. техн. наук, доц.*

¹ Кафедра організації будівництва і охорони праці, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідрихсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (097) 397-72-52, e-mail: bespalovaav@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3713-0610, Scopus Author ID: 57204469418

² Кафедра організації будівництва і охорони праці, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідрихсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (073) 746-02-37, e-mail: knyshei@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3449-4112, Scopus Author ID: 57204469418

^{3*} Кафедра організації будівництва і охорони праці, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідрихсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (067) 983-89-00, e-mail: dashkovskayaop@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9980-023X

⁴ Кафедра організації будівництва і охорони праці, Одеська державна академія будівництва та архітектури, вул. Дідрихсона, 4, 65029, Одеса, Україна, тел. +38 (073) 437-48-70, e-mail: faizulinaoa@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1151-4467

Анотація. Шумове забруднення від будівельної діяльності є основним фактором, що загрожує здоров'ю працівників, а також середовищу проживання людей. Однак попередні дослідження в основному зосереджувалися на зменшенні шумового забруднення навколо чутливих будівель за межами будівельного майданчика, а не для працівників на будівельному майданчику. Більше того, наявні наразі методи зменшення шуму, як правило, є пасивними та супроводжуються значними додатковими витратами. Оскільки розташування об'єктів є критичним фактором шумового забруднення, це дослідження намагається проаналізувати, як можна зменшити шумове забруднення для працівників шляхом оптимізації використання існуючих та впровадження інноваційних персональних шумозахисних систем (ПШЗС). Враховуючи, що зменшення шуму шляхом використання існуючих та впровадження інноваційних ПШЗС може негативно вплинути на безпеку та витрати, бажане використання ПШЗС повинно встановлювати баланс між зниженням шуму, покращенням безпеки та контролем витрат. Тому розроблено функції, що враховують потенційний ризик безпеки та транспортні витрати, що виникають внаслідок взаємодії між суб'єктами виробництва на будівельному майданчику. Була зібрана та оброблена інформація про рівень впливу шуму; та дані про використання ПШЗС; про використання ПШЗС на робочих місцях та поза робочим часом. Крім того, було виміряно ослаблення шуму, що забезпечується ПШЗС у працівників на робочому місці. За даними опитувань, ПШЗС після роботи використовували нечасто. Аналіз поєднання результатів безперервних вимірювань впливу шуму, і даних про використання ПШЗС показав, що фактично ПШЗС послабили вплив шуму менше ніж на 2 дБ. Це незначна величина, якщо врахувати те, що рівень вплив шуму в цій галузі дуже велике. Отримані результати показують, що програми захисту від шуму повинні виконуватися більш повно і ретельно; і що слід приділяти більше уваги зменшенню шуму на робочих місцях будівельників. Запропонована дослідницька структура може бути використана як орієнтир для збалансування суперечливих цілей сталого розвитку також і на інших промислових об'єктах. Оцінити ефективність існуючих та запровадити інноваційні системи захисту слуха робітників, що обслуговують механізоване устаткування на будівельних виробничих ділянках. На думку робітників ПШЗС не завжди допомагає зробити шум тихіше. В середньому ПШЗС знижують шум менше, ніж на 3 дБ, та при гучності понад 85дБа ПШЗС допомагають в 20 % випадків. Щоб ПШЗС застосовували частіше, треба навчити робітників правильно користуватися ПШЗС і зробити так, щоб вони були доступні і працювали як треба. Але навіть після навчання із захисту слуху 25 % будівельників все одно не надягають захист. Це підтверджується дослідженнями у світі. Вони з'ясували, що ставлення будівельників до захисту слуху не змінюється швидко. Щоб вирішити проблему, потрібно придумати прості та ефективні колективні засоби захисту від шуму під час будівництва.

Ключові слова: ослаблення шуму; будівництво; збереження слуху; захист від шуму; вплив шуму

RESEARCH OF PERSONAL NOISE PROTECTION ON A CONSTRUCTION SITE

BESPALOVA A.V.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

KNYSH O.I.², *PhD, Assoc. Prof.*,

DASHKOVSKA O.P.^{3*}, *PhD, Assoc. Prof.*,
FAYZULYNA O.A.⁴, *PhD, Assoc. Prof.*

¹ Department Organization of Construction and Labor Protection, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrichsona, Odesa, 65029, Ukraine, tel. +38 (097) 397-72-52, e-mail: bespalovaav@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0003-3713-0610, Scopus Author ID: 57204469418

² Department Organization of Construction and Labor Protection, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrichsona, Odesa, 65029, Ukraine, tel. +38 (073) 746-02-37, e-mail: knyshei@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-3449-4112, Scopus Author ID: 57204469418

^{3*} Department Organization of Construction and Labor Protection, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrichsona, Odesa, 65029, Ukraine, tel. +38 (067) 983-89-00, e-mail: dashkovskayaop@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-9980-023X

⁴ Department Organization of Construction and Labor Protection, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, 4, Didrichsona, Odesa, 65029, Ukraine, tel. +38 (073) 437-48-70, e-mail: faizulinaoa@odaba.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-1151-4467

Abstract. Noise pollution from construction activities is a major factor that threatens the health of workers, as well as the environment of people. However, previous research has mainly focused on reducing noise pollution around sensitive buildings outside the construction site, rather than for workers on the construction site. Moreover, currently available noise reduction methods tend to be passive and are accompanied by significant additional costs. Since the location of facilities is a critical factor in noise pollution, this study attempts to analyze how it is possible to reduce noise pollution for workers by optimizing the use of existing and innovative personal noise protection systems (PNPS). Given that noise reduction through the use of existing and innovative PSUs can negatively affect safety and costs, the preferred use of PNPS should strike a balance between noise reduction, safety improvement, and cost control. Therefore, functions have been developed that take into account the potential safety risk and transportation costs that arise as a result of interaction between production entities on the construction site. Information on the level of noise exposure was collected and processed; and data on the use of PNPS; on the use of PNPS in the workplace and outside of working hours. In addition, the noise attenuation provided by PSHS in employees in the workplace was measured. According to surveys, PNPS was used infrequently after work. Analysis of the combination of the results of continuous measurements of noise exposure and data on the use of PNPS showed that in fact PNPS reduced the influence of noise by less than 2 dB. This is a small amount, given that the level of noise exposure in this area is very high. The results show that noise protection programs should be implemented more fully and carefully; and that more attention should be paid to noise reduction in construction workers' workplaces. The proposed research framework can also be used as a reference point for balancing conflicting Sustainable Development Goals at other industrial facilities. Evaluate the effectiveness of existing and introduce innovative hearing protection systems for workers servicing mechanized equipment at construction production sites. According to the workers of the PSZS, it does not always help to make the noise quieter. On average, PNPS reduce noise by less than 3 dB, and at a volume of more than 85 dB, PSUs help in 20 % of cases. In order for PNPS to be used more often, it is necessary to teach workers how to use PSZS correctly and make sure that they are accessible and work as they should. But even after hearing protection training, 25 % of construction workers still don't wear protection. This is confirmed by research in the world. They found that the attitude of builders to hearing protection does not change quickly. To solve the problem, you need to come up with simple and effective collective means of protecting against noise during construction.

Keywords: *noise reduction; construction; hearing preservation; noise protection; noise exposure*

Постановка проблеми. Будівельна галузь є однією з найбільших як у країнах, що розвиваються, так і в розвинених країнах. Сталий розвиток будівельної галузі є життєво важливим і привертає значну увагу як дослідників, так і практиків. Будівельна галузь є складною, диверсифікованою та динамічною, що охоплює різноманітну будівельну діяльність [1]. Шумове забруднення, спричинене проведенням будівельних робіт, є однією з ключових перешкод для сталого розвитку в будівельному секторі. Шумове забруднення

не тільки порушує природне середовище навколо будівельного майданчика (тобто, екологічний шум), але й негативно впливає на працівників на будівельному майданчику [2]. Потенційні ризики включають втрату голосу, нечітку мову, проблеми зі слухом, стрес, втрату концентрації, гіпертонію, підвищений кров'яний тиск, вплив на імунну систему, біохімічні ефекти, серцево-судинні захворювання, роздратування, проблеми зі сном і захворювання судинної системи [3]. Крім того, кілька досліджень також показали зниження продуктивності праці

працівників через вплив шуму від будівельної техніки.

Таким чином, ці ризики, пов'язані з шумовим забрудненням, стали причиною уповільнення зростання валового внутрішнього продукту в багатьох країнах світу.

Аналіз останніх публікацій. Багато досліджень показали, що надмірний вплив шуму створює кілька потенційних ризиків для працівників на будівельному майданчику, що вказує на важливість впровадження управління будівельним шумом. У будівельній сфері рівень шуму протягом робочої зміни може бути досить високим, щоб використовувати засоби колективного захисту. Однак в існуючих програмах захисту від шуму основним засобом є ПШЗС.

На жаль, працівники будівельної галузі не завжди усвідомлюють небезпеку впливу шуму та інших шкідливих факторів на виробництві [4], і навчання охороні праці в цій сфері проводиться нечасто [5]. Особливо це стосується програм захисту від шуму, які в будівельній галузі розробляються і реалізуються порівняно рідко [6]. Дослідження, проведені раніше, продемонстрували, що рівень шуму, з яким стикаються співробітники різних будівельних підприємств і галузей при виконанні різних завдань, часто перевищує допустимі норми в 80 дБА (гранично допустимий рівень шуму в Україні, рекомендований). Результати вимірювань рівня шуму при виконанні різних робіт і використанні різних інструментів показали, що в деяких випадках рівень шуму може бути значним. Вперше випадки розвитку нейросенсорної приглухуватості були зафіксовані у працівників деяких будівельних спеціальностей більше трьох десятиліть тому, і це захворювання залишається поширеним в будівельній галузі. Оскільки для захисту від шуму частіше використовуються індивідуальні, а не колективні засоби захисту, основну відповідальність за захист від шуму несуть самі працівники. Невідомо, наскільки ефективно застосування засобів захисту від

шуму знижує вплив шуму на працівників. Для цього не можна використовувати показник ослаблення шуму, отриманий при сертифікації і наноситься на упаковку (в ЄС – SNR) [7].

Результати дослідження. Описані тут дані були зібрані у будівельних робітників, найнятих різними підрядниками на багатьох об'єктах в місті Одеса, Україна результати опитувань були отримані у працівників, які брали участь в трирічному (2018–2021) дослідженні, в якому вивчався вплив шуму і погіршення слуху у будівельників-стажерів. Працівники відповідали на питання перед початком дослідження (базовий опитування), і потім до 3 разів при проведенні щорічних опитувань. У дослідженні брали участь оператори наступних будівельних машин та устаткування: пневматичний перфоратор, ввідбійний молоток, шліфувальна машина дискова, прес-ножиці комбіновані, лебідка електрична, машина дискова відрізна, аавтоавантажувачі, вібратори поверхневі, бадді з міксерами електричні, вібратори глибинні. Додаткова інформація, описана в цій статті, була зібрана у інших будівельників-операторів, зокрема кранівників, і у різноробочих, які не брали участі в цьому дослідженні, але працювали на тих же будівництвах (що і учасники трирічного дослідження) в різний час в період 2018–2021 рр. Дані про вплив шуму і використання ПШЗС, зібрані у працівників, збір інформації про вплив шуму і про використання ПШЗС проводився одночасно протягом всієї зміни. Заміри проводилися з жовтня 2018 до березня 2021. Під час роботи будівельники носили з собою записуючий пристрій, шумомір (MASTECH MS6701), яке реєструвало рівень шуму з інтервалом в 1 хвилину. Цей пристрій було відрегульовано для запису даних відповідно до певних налаштувань.

Під час щорічних опитувань учасників запитували не лише про те, як на них впливає виробничий шум та чи використовують вони ПШЗС на робочому місці, а й про те, як на них впливає шум після роботи. Також у щорічному

опитуванні учасників запитували, чи піддаються вони сильному впливу шуму після роботи, наприклад, через використання транспорту, розваг, галасливого інструменту або потужних машин. Крім того, їх запитували, чи використовують вони в таких випадках ПШЗС. В ході дослідження проводилося кількісне вимірювання зниження рівня шуму на робочих місцях, де використовувалися ПШЗС. Так як для перевірки використовуються навушники, то за допомогою цієї системи виробничого контролю можна вимірювати ослаблення шуму тільки у вкладишів. Для того, щоб порівняти виміряні величини ослаблення (PAR) з ослабленням, отриманим при сертифікаційних випробуваннях в лабораторних умовах, значення NRR перерахували, використовуючи лише ті значення вимірів в лабораторних умовах, які проводили на тих же частотах, що і виміри PAR на робочих місцях. В середньому через такого перерахунку значення NRR могло змінитися на 1 дБ. Були обчислені середні відкориговані NRR; для підгруп ПШЗС і для всіх разом визначили показники ефективності у працівників PAR для кожного вуха окремо, і для обох разом.

Корекція середньозмінного еквівалентного рівня шуму враховує використання ПШЗС і виміряне у працівників ослаблення шуму. Для обчислення еквівалентного рівня шуму, що впливав на працівників при не застосуванні ПШЗС, використовували результати щохвилинних вимірів шуму протягом зміни. Обчислення проводили за допомогою рівняння 1:

$$TW_{Ai} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\sum_{k=1}^{ni} (10^{\frac{Li}{10}})}{480} \right], \quad (1)$$

де k – номер однохвилинного інтервалу часу у зміні, Li – середньозмінний рівень змінного шуму з корекцією A L_{eq} average для хвилинного інтервалу часу для респондента i , та ni – номер однохвилинного періоду під час проведення вимірів. Ефект зниження шумового навантаження на робітників, що використовують ПШЗС представлений рівнянням:

$$TW_{Ai} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{\sum_{k=1}^{nihp} (10^{\frac{Li-Ha}{10}}) + \sum_{k=1}^{ninhp} (10^{\frac{Li}{10}})}{480} \right], \quad (2)$$

де k – однохвилинний інтервал ПШЗС, Li – еквівалентний рівень шуму впродовж 1 хвилини з А-корекцією, $nihp$ – вилин захисту робітника ПШЗС, Ha – середнє послаблення рівня шумут а $ninhp$ – час простою ПШЗС. Також були обчислені середні арифметичні і стандартні відхилення для значень відмінності (відповідних індивідуальних) середньозмінних еквівалентних рівнів шуму з і без ПШЗС: ($TW_A - TW_{Aprotprot}$, для одного й того ж виміру). Тобто визначили середні значення і стандартні відхилення ефективності захисту, у працівників різних професій, і у всіх разом.

За результатами польових досліджень на дільницях встановлено, що середній рівень шуму становить вище за 80 і 85 дБА. У операторів машини дискової відрізної рівень шуму був від 77,9 до 84,6 дБА. У робітників інших професій рівень шуму був від 80 до 82 дБА. Загалом, шум був вище 85 дБА 30 % часу, коли ми його вимірювали. Під час роботи використовували спеціальні захисні навушники і вкладиші. Але лише 17 % часу працювали в них. А коли рівень шуму перевищував 85 дБА, то використовували навушники і вкладиші майже однаково. Співробітники стверджують, що в середньому використовували навушники і вкладиші 16 % часу. При цьому навушники використовували 95 % часу, а вкладиші – 5 %. Оператор бадді з міксерами електричної найбільше страждали від шуму. Вони проводили приблизно половину робочого часу в шумі голосніше 80 дБА. А оператор відбійного молотка, у яких рівень шуму був більше, ніж у оператораа автотранспорту, найменше використовували захист від шуму. Вони використовували її менше 10 % часу, коли шум був голосніше 80 або 85 дБА. Ми запитували співробітників, які брали участь у дослідженні, як часто вони використовують ПШЗС. Результати ми записали в таблиці 2. Більшість

співробітників сказали, що використовують ПШЗС часто. Деякі сказали, що використовують рідко або взагалі не використовують. Серед робітників, які займаються ізоляцією і бетонуванням, найбільше тих, хто рідко або зовсім не використовує ПШЗС. Серед слюсарів, теслярів і електриків найбільше тих, хто іноді використовує ПШЗС. Серед робітників, які займаються експлуатацією, покрівлею і кладкою, найбільше тих, хто завжди використовує ПШЗС. Ми порівняли, як часто робітники використовують ПШЗС. Для цього ми подивилися на результати опитувань, які проводилися щороку, і на результати, які ми отримали під час роботи. Ми порівняли їх з результатами вимірів шуму. Робітники різних професій по-різному повідомляли про використання ПШЗС. Наприклад, оператори лебідки електричної говорили, що використовують ПШЗС іноді. Але насправді вони використовували їх весь час, коли шум був вище 80 дБА. А слюсарі і робітники по ізоляції говорили, що завжди використовують ПШЗС. Але вони насправді не використовували їх, коли шум був вище 80 дБА. Виявилося, що ПШЗС використовують рідко. Майже половина людей, які полюбляють гонки, завжди використовують ПШЗС. Приблизно третина не використовує ПШЗС. Дві третини людей, які користуються шумними інструментами після роботи, рідко використовують ПШЗС або взагалі не використовують. Майже всі робітники, які ходять на концерти, танці або спортивні заходи, не використовували ПШЗС. Досліджено зменшення шуму на робочих місцях 44 робітників на 4 будівництвах: оператор шліфувальної машина дискової, оператор прес-ножиців комбінованих, оператор пневматичного перфоратора, оператор шліфувальної машини дискової. Ми вибрали тих робітників, що завжди носять ПШЗС. Але коли ми прийшли перевірити їх, 26 з 44 не носили ПШЗС. І ніхто з них не носив ПШЗС на будівництві. У цих робітників, що завжди використовують ПШЗС «Max», «Max Lite», «Laser Lite», «MultiMax», «Bilsom 303»,

«Bilsom 304», «Matrix Orange», «Matrix Blue», «Pilot», «SmartFit», «AirSoft», «Quie», «Clarity 656», «Fusion», «QB1HYG», «QB2HYG», «QB3HYG», «PerCap», «Laser Trak», «SmartFit Detectable», «Fusion Detectable», «Neutron», «Howard Leight DISPENSER LS400», «Howard Leight DISPENSER LS500», що надані на час проведення досліджень. У деяких моделей зробили всього лише 1–2 виміри, але для порівняння всі результати згрупували в 4 групи: «Max» (26 вимірів), «Laser Lite» (11), «Howard Leight DISPENSER LS500» (7) та «Neutron» (12). В середньому, вкладиші Howard Leight найкраще зменшують шум у вухах. У них другий за величиною показник ефективності. У інших вкладишів ефективність менше, і вони гірше зменшують шум. Різниця між найкращими і найгіршими вкладишами невелика – 1,5 дБ.

На рисунку показані дані про зменшення шуму. Вони показують, як добре різні типи вкладишів захищають від шуму на різних частотах. Всі вкладиші найкраще захищали від шуму на частоті 2 кГц, а найгірше – на 500 Гц. Дані про ослаблення шуму на різних частотах були різними. Іноді стандартне відхилення було таким же, як і середнє значення. Ослаблення шуму за допомогою різних вкладишів при одній і тій же частоті звуку трохи відрізнялося, але ця відмінність була незначною. Рівень захисту працівників, які використовують ПШЗС не постійно. Середньозмінний еквівалентний вплив шуму на працівників, якби вони не застосовували ПШЗС взагалі, в середньому було 87,4 дБА. Результати обстежень доведено у таблиці 3. А вплив шуму на будівельників, в цілому, і з урахуванням того, що вони іноді застосовують ПШЗС, і того, яке (середнє) ослаблення шуму дають самі ПШЗС (20 дБА) було нижче, ніж рівень шуму на робочому місці (тобто без ПШЗС, за даними вимірів, табл. 3) на 2,7 дБ. В цілому, середньозмінні рівні шуму (без ПШЗС) перевищували 85 дБА приблизно в 2/3 вимірах, а з урахуванням ПШЗС перевищення були трохи більше ніж в половині випадків. Застосування ПШЗС знижує частку часу, коли вплив шуму

перевищує 85 дБА, лише на 20 %. У робітників різних професій є різниця в рівні шуму на роботі. Якщо вони використовують спеціальні захисні пристрої (ПШЗС), то різниця невелика. Це означає, що ці робітники нечасто використовують ПШЗС. А у тих, хто використовує ПШЗС часто, різниця в рівні шуму більше. Завдяки ПШЗС шум став менше впливати на операторів відбійного молотка та операторів шліфувальної машина дискової. У перших він став менше на дві третини, а у других – більше ніж в два рази. А ось у електриків і слюсарів шум став найменше — менше ніж на 7 %. Щоб захистити будівельників від шуму, потрібно знати, як працюють спеціальні ПШЗС. Зібрані дані про рівень шуму на робочих місцях і про те, як часто будівельники використовували ПШЗС. Виявилось, що ПШЗС допомагають слабо. Ризик втратити слух при їх використанні все одно залишається високим. У середньому будівельники використовували ПШЗС, коли рівень шуму був вище 85 дБа, менше, ніж у чверті випадків. Будівельники різних професій використовували ПШЗС по-різному. Деякі частіше, а деякі майже не застосовували. Наприклад, рівень шуму на робочих місцях інженерів і слюсарів був приблизно однаковим, і вони використовували ПШЗС приблизно однаково часто. За даними опитувань, деякі люди використовували ПШЗС часто, а інші – рідко. Аналіз показав, що люди старше 30 років частіше говорили, що завжди використовують ПШЗС. Але різниця була невеликою, менше 10 %. У місті Чорноморську 2017 році будівельники п'яти професій використовували ПШЗС частіше, ніж у 2018 році. Це було пов'язано з деякими подіями. А робітники іншої професії різноробочі продовжували рідко використовувати ПШЗС [8].

Оператори трьох типів устаткування стверджували проте, що використовують ПШЗС, коли шум сильний, приблизно в 18–49 % випадків. Хоча вони знають, що шум шкідливий для здоров'я і погіршує слух. Оператори машини дискової відризної використовували ПШЗС частіше за інших

робітників, а оператор пневматичного перфоратора – набагато рідше. За даними опитувань, які проводилися раніше, деякі учасники нашого дослідження використовували ПШЗС в середньому 15 % часу. Це збігається з остаточними результатами нашого аналізу, який охопив багато інших будівельників. На жаль, ми не можемо точно сказати, наскільки наші дані можуть бути неточними. Щоб захистити працівників від шуму на роботі, їм видають спеціальні навушники. Але не всі будівельники їх носять.

Можливо, це відбувається тому, що навушники занадто сильно послаблюють шум, і тоді робочим важко спілкуватися. Ще одна причина-у будівельників може бути вибір між різними моделями навушників, і якщо вони незручні або занадто сильно послаблюють звук, то будівельники їх не будуть носити. Робота по поліпшенню умов праці дозволяє знизити вплив шуму на будівельників. Складніше зменшити вплив шуму на них після роботи. Було б корисно навчитися прогнозувати ступінь використання працівником ПШЗС після роботи на основі того, як він це робить під час роботи. Достовірність цієї інформації сильно залежить від точності відповідей опитуваного, і точність відповідей в частині застосування ПШЗС при опитуваннях не перевірена. Вплив частки часу використання ПШЗС на зниження впливу шуму можна описати математично, за допомогою (3), вважаючи що двократному зміні дози впливу шуму відповідає зміна рівня шуму на 3 дБ.

$$P_{eff} = 10 \cdot \log_{10} \left[\frac{100}{100 - \tau \times \left(1 - 10^{-\frac{N}{10}} \right)} \right], \quad (3)$$

де τ – час використання ПШЗС, %; а N – ступінь послаблення шуму за умов використання ПШЗС, дБ. Нехай ПШЗС послаблюють шум на 20 дБ, як це вийшло у працівників, які брали участь в нашому дослідженні, і нехай загальна частка часу використання ПШЗС не перевищує 1/3. Тоді отримаємо, що застосування ПШЗС послабить вплив шуму не більше ніж на 3 дБ. Цей результат схожий з результатом нашого аналізу. Якщо працівники будуть

використовувати 100 % часу ПШЗС, що послаблює шум на 20 дБ, то відмінність у впливах шуму при використанні ПШЗС і без них складе 20 дБА. Середній рівень захисту у працівників різних професій відрізнявся на порядок (від 0,5 дБА у електриків до 10,9 дБА у інженерів-експлуатаційників). Всі результати, представлені вище, відносяться до середньої частки часу використання ПШЗС, у всіх робітників, або у якихось підгруп працівників. Ми використали цю інформацію, щоб зрозуміти, наскільки добре працюють ПШЗС. Ми не думаємо, що в двох групах буде сильно відрізнятися, наскільки добре ПШЗС допомагають від шуму і як часто їх використовують. Але може бути, що через те, що ми використовували інформацію з

двох груп, наш результат може бути неточним. У нашому дослідженні ми порівняли результати вимірювання шуму та відповіді працівників протягом зміни (з інтервалами 15 хвилин). Виявилося, що ті працівники, які повідомляли, що використовують ПШЗС завжди, насправді використовували його приблизно третину часу, коли шум перевищував 85 дБА. Тому результати опитувань, які використовували в цьому дослідженні, можуть бути неточними, тому що люди могли відповісти неправильно.

Але спосіб, яким вимірювали шум і записували результати, був перевірений. Тому він надійний. Ці результати використовували, щоб підрахувати, наскільки шум став менше.

Таблиця 1

Вплив шуму на робітників різних професій і використання ПШЗС (за повну зміну)

Робоче місце оператора	Еквівалентний рівень шуму, дБА	Частка часу, %, в продовж якого			
		>80дБА	використано ПШЗС	>85 дБА	використано ПШЗС
пневматичного перфоратора	81,7	33	22,0	16,1	22,0
відбійного молотка	80,8	26,3	16,7	11,4	19,2
шліфувальної машина дискової	80,5	26,3	4,5	10,8	4,6
прес-ножиців комбінованих	77,9	15,0	4,3	4,5	4,5
лебідки електричної	83,2	38,8	8,7	18,6	8,9
бадді з міксерами електричної	80,6	24,0	43,3		

Таблиця 2

Використання будівельниками ПШЗС (за даними опитувань)

Робоче місце оператора	Актив опитування	Респондентів, %, що використовують ПШЗС		
		завжди	періодично	рідко або ніколи
пневматичного перфоратора	148	42,6	42,6	14,9
відбійного молотка	62	22,6	41,9	35,5
шліфувальної машина дискової	33	45,5	45,5	9,1
прес-ножиців комбінованих	36	47,2	30,6	22,2
лебідки електричної	134	43,3	41,8	14,9
бадді з міксерами електричної	155	56,8	36,1	7,1

Таблиця 3

Ослаблення шуму у працівників при використанні ними ПШЗС (PAR), дБ

Модель	NRR с корег.	Ліве вухо		Праве вухо		Обидва вуха	
		N вимірів	$\bar{L}$	N вимірів	$\bar{L}$	N вимірів	$\bar{L}$
«Max»	29	26	24,2	25	17,7	25	20,4
«Laser Lite»	31	11	22,4	9	25,6	9	17,6
«Howard Leight DISPENSER LS500»	27,3	7	23,3	5	17,0	5	18,9
«Neutron»	29,2	12	24,3	39	20,0	39	19,5

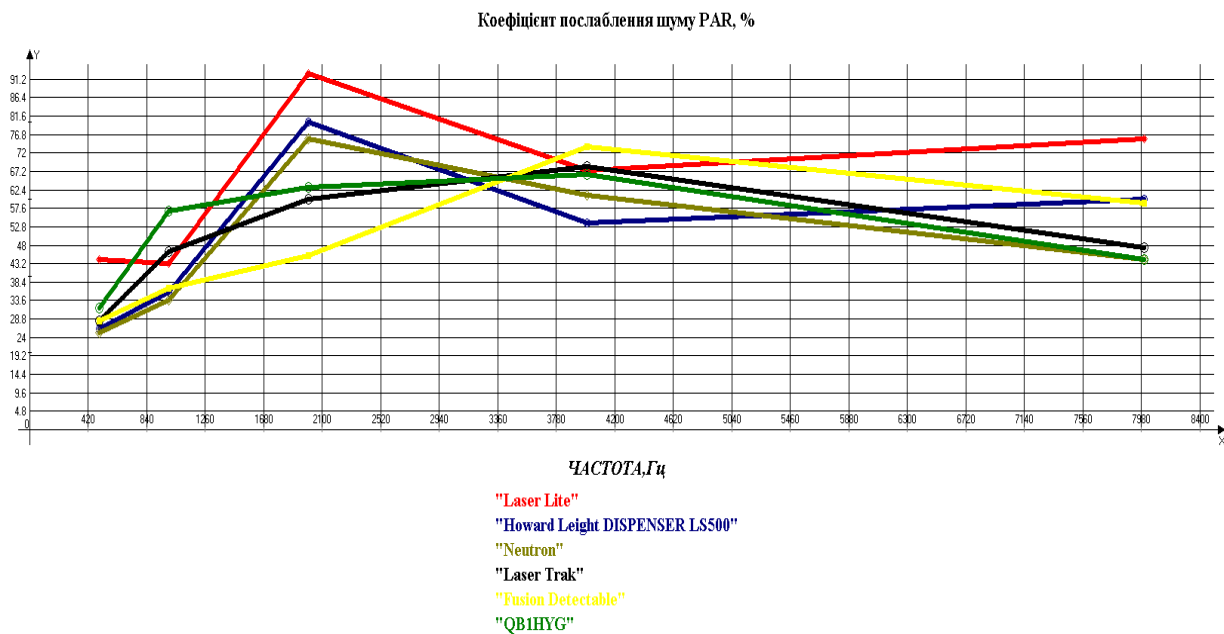


Рис. Ослаблення впливу шуму під час використання працівниками ПШЗС

Висновки

Представлений в статті аналіз даних, зібраних у великого числа будівельників, показав що при виконанні будівельних робіт одне лише застосування ПШЗС не дозволяє знизити вплив шуму до безпечного рівня. Зіставлення інформації про фактичне ослаблення шуму (при використанні ПШЗС робочими) з тією часткою часу, коли їх застосовують, показало що в середньому ПШЗС знижують середньозмінний еквівалентний рівень шуму менш ніж на 3 дБА; і що в ті періоди часу, коли вплив шуму перевищує ПДУ (при проведенні цього дослідження вважали 85 дБА)

застосування ПШЗС дозволяє знизити вплив до безпечного лише 20 % цього часу. Очевидно, що необхідно докласти додаткових зусиль для того, щоб ПШЗС були більш доступні для будівельників; щоб навчити робітників як, коли і де їх використовувати. Але навіть при проведенні (адекватного) навчання можуть використовувати ПШЗС не завжди, коли це необхідно. Навіть після проведення повноцінного навчання в рамках програми захисту слуху, 25 % будівельників продовжували повідомляти про незастосування ПШЗС. Ця інформація відповідає результатам досліджень,

проведених раніше Hong et al., які показали, що ставлення будівельників до застосування ПШЗС змінити нелегко. Результати і нашого дослідження, і тих, що проводилися раніше показують, що надійний захист

будівельника від шуму за допомогою ПШЗС неможлива, і що необхідні спільні зусилля для розробки простих і ефективних засобів колективного захисту від шуму при виконанні будівельних робіт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Celik T., Kamali S., Arayici Y. Social cost in construction projects. *Environ. Impact Assess.* 2017. Rev. 64. Pp. 77–86.
2. Hammad A. W. A., Akbarnezhad A., Rey D. A multi-objective mixed integer nonlinear programming model for construction site layout planning to mini-mise noise pollution and transport costs. *Autom. Constr.* 2016. № 61. Pp. 73–85.
3. Oliveira C. R. D., Arenas G. W. N. Occupational exposure to noise pollution in anesthesiology. *Rev. Bras. Anesthesiol.* 2012. № 62 (2). Pp. 253–261.
4. Kang S., Chae J. Harmony search for the layout design of an unequal area facility. *Expert Syst. Appl.* 2017. № 79. Pp. 269–281.
5. Baksh K., Ganpat W., Narine L. Farmers knowledge, attitudes and perceptions of occupational health and safety hazards in Trinidad, West Indies and implications for the agriculture sector. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development.* 2015. Vol. 7, № 7. Pp. 221–228.
6. Demeke A. Assessment of the Utilization of Personal Protective Equipment Among Textile Industry Workers in Dukem Town. Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia, 2017.
7. Duguma F. K. Assessment of safety equipment utilization rate and magnitude of occupational related incidences among workers in the ministry of defense construction CMC site. *Civil Engineering Research Journal.* 2018. Vol. 9, № 2. Addis Ababa, Ethiopia.
8. Беспалова А. В., Книш О. І., Дашковська О. П., Файзуліна О. А. Комплексометрична модель реконструкції портової зони із використанням акустичних показників експлуатації будівельного обладнання. *Вісник одеського національного морського університету.* 2018. № 4 (57). С. 178–187.

REFERENCES

1. Celik T., Kamali S. and Arayici Y. Social cost in construction projects. *Environ. Impact Assess.* 2017, rev. 64, pp. 77–86.
2. Hammad A.W.A., Akbarnezhad A. and Rey D. A multi-objective mixed integer nonlinear programming model for construction site layout planning to mini-mise noise pollution and transport costs. *Autom. Constr.* 2016, no. 61, pp. 73–85.
3. Oliveira C.R.D. and Arenas G.W.N. Occupational exposure to noise pollution in anesthesiology. *Rev. Bras. Anesthesiol.* 2012, no. 62 (2), pp. 253–261.
4. Kang S. and Chae J. Harmony search for the layout design of an unequal area facility. *Expert Syst. Appl.* 2017, no. 79, pp. 269–281.
5. Baksh K., Ganpat W. and Narine L. Farmers knowledge, attitudes and perceptions of occupational health and safety hazards in Trinidad, West Indies and implications for the agriculture sector. *Journal of Agricultural Extension and Rural Development.* 2015, vol. 7, no. 7, pp. 221–228.
6. Demeke A. Assessment of the Utilization of Personal Protective Equipment Among Textile Industry Workers in Dukem Town. Addis Ababa University, Addis Ababa, Ethiopia, 2017.
7. Duguma F.K. Assessment of safety equipment utilization rate and magnitude of occupational related incidences among workers in the ministry of defense construction CMC site. *Civil Engineering Research Journal.* 2018, vol. 9, no. 2, Addis Ababa, Ethiopia.
8. Bespalova A.V., Knysh O.I., Dashkovska O.P. and Faizulyna O.A. *Kompleksometrychna model rekonstruktsii portovoi zony iz vykorystanniam akustychnykh pokaznykiv ekspluatatsii budivelnoho obladdannia* [Complexometric model of port area reconstruction using acoustic indicators of construction equipment operation]. *Visnyk Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu* [Bulletin of Odessa National Maritime University]. 2018, no. 4 (57), pp. 178–187. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 27.09.2025.