Редакційний штат

Головний редактор

Лежнюк Петро Дем'янович , Вінницький національний технічний університет, Україна

Заступник головного редактора

Грабко Володимир Віталійович , Вінницький національний технічний університет

Відповідальний секретар

Нетребський Володимир Васильович , Вінницький національний технічіний університет, Україна

Члени редакційної колегії (Технічні науки)

Азаров Олексій Дмитрович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Білинський Йосип Йосипович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Біліченко Віктор Вікторович, Вінницький національний технічний університет. Україна.

Боровська Таїса Миколаївна, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Бурбело Михайло Йосипович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Василевський Олександр Миколайович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Василенко Валентина Борисівна, Новий університет Лісабону, Португалія.

Войцек Вальдемар, Державний університет «Люблінська Політехніка», Польща.

Григорова Каталина, Русенський університет «Ангел Кинчев», Болгарія.

Грушко Олександр Володимирович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Любомир Ванков Димитров, Софійський Технічний університет, Болгарія.

Дубовой Володимир Михайлович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Дудар Ігор Никифорович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Здебор Ян, Західночеський університет, Чеська Республіка.

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Квєтний Роман Наумович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Кичак Василь Мартинович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Кулик Анатолій Ярославович, Вінницький національний медичний університет ім. М. І. Пирогова, Україна.

Кулик Володимир Володимирович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Кутін Василь Михайлович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Кучерук Володимир Юрійович, Уманський національний університет садівництва, Україна.

Кухарчук Василь Васильович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Лабай Володимир Йосифович, Національний університет «Львівська політехніка», Україна.

Лужецький Володимир Андрійович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Мартинюк Тетяна Борисівна, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Михалевич Володимир Маркусович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Мокін Борис Іванович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Мокін Віталій Борисович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Мокін Олександр Борисович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Моргун Алла Серафимівна, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Опіелак Марек, Державний університет «Люблінська Політехніка», Польща.

Осадчук Володимир Степанович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Осадчук Олександр Володимирович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Павлов Сергій Володимирович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Петрук Василь Григорович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Петрук Роман Васильович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Поліщук Леонід Клавдійович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Постолатій Віталій Михайлович, Інститут енергетики АН Молдови, Молдова.

Ранський Анатолій Петрович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Ратушняк Георгій Сергійович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Романюк Олександр Никифорович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Русу Іоан, Технічний університет ім. Георге Асакі, м. Ясси, Румунія.

Савуляк Валерій Іванович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Сахно Володимир Прохорович, Національний транспортний університет, Україна.

Семенов Андрій Олександрович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Сердюк Василь Романович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Степанов Дмитро Вікторович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Сінак Ярослав, Університет Західної Богемії, Чеська Республіка.

Стратан Іон, Технічний університет Молдови, Молдова.

Ткаченко Станіслав Йосипович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

Шинкарук Олег Миколайович, Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Б. Хмельницького, Україна.

Яремчук Юрій Євгенович, Вінницький національний технічний університет, Україна.

№ 4 (2023): Наукові праці ВНТУ

DOI: https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4

Опубліковано: 2023-12-30

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНА ТЕХНІКА

СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ НЕЙРОПОДІБНОГО КЛАСИФІКАТОРА ОБ'ЄКТІВ
Мартинюк Тетяна Борисівна; Кожем'яко Андрій Вікторович; Каташинський Дмитро Олександрович, Булига Ігор Володимирович
Переглядів анотації: 45 | Завантажень: 29
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-1-7
PDF

МАШИНОБУДУВАННЯ ТА ТРАНСПОРТ

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ТА ПРИВОДІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МЕХАНІЗМІВ УЩІЛЬНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У СМІТТЄВОЗІ
Березюк Олег Володимирович; Алексеєв Андрій Євгенійович
Переглядів анотації: 19 | Завантажень: 18
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-17-25
PDF

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МЕХАНІЗМІВ ЗАВАНТАЖЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ У СМІТТЄВОЗ
Березюк Олег Володимирович ; Яворський Вадим Євгенійович
Переглядів анотації: 24 | Завантажень: 26
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-26-34
PDF

ДИНАМІКА ОБСЯГІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ В УКРАЇНІ
Булигін Олексій Олександрович, Фалендиш Анатолій Петрович; Березюк Олег Володимирович
Переглядів анотації: 48 | Завантажень: 30
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-63-69
PDF

ВИЗНАЧЕННЯ ВЗАЄМОЗАЛЕЖНОСТЕЙ МІЖ НАВАНТАЖЕННЯМИ ТА ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕНЬ
Дегтяр Артур Русланович, Фалендиш Анатолій Петрович; Березюк Олег Володимирович
Переглядів анотації: 27 | Завантажень: 18
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-70-76
PDF

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ВАРТІСНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМИ «DSC» АВТОМОБІЛІВ «BMW»
Борисюк Дмитро Вікторович
Переглядів анотації: 17 | Завантажень: 11
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-35-48
PDF

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДВИГУНОМ АВТОМОБІЛІВ «KIA CEE'D»
Борисюк Дмитро Вікторович; Спірін Анатолій Володимирович, Зелінський Вячеслав Йосипович
Переглядів анотації: 48 | Завантажень: 12
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-49-62
PDF

ЗАСТОСУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

ШУМ ЯК ЕРГОНОМІЧНИЙ ФАКТОР ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ
Борисюк Дмитро Вікторович; Спірін Анатолій Володимирович, Присяжнюк Дмитро Володимирович, Твердохліб Ігор Вікторович
Переглядів анотації: 34 | Завантажень: 19
DOI https://doi.org/10.31649/2307-5376-2023-4-8-16
PDF

УДК 613.6

Д. В. Борисюк, к. т. н.; А. В. Спірін, к. т. н., доц.;
Д. В. Присяжнюк, к. т. н.; І. В. Твердохліб, к. т. н., доц.

ШУМ ЯК ЕРГОНОМІЧНИЙ ФАКТОР ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

В умовах високого технічного оснащення праці, комплексної механізації та автоматизації виробництва та інформатизації всього суспільства, коли продуктивність праці залежить насамперед від умілого використання машин, виникає нагальна потреба як найдоцільнішого поєднання живої праці й засобів виробництва, впровадження таких форм і методів обслуговування машин, які забезпечують їхнє найефективніше застосування за умови збереження здоров'я та високої працездатності працівників.

Деякі виробничі процеси супроводжуються значним шумом. Джерела інтенсивного шуму на виробництві – машини і механізми з неврівноваженими обертовими масами, а також технологічні установки і апарати, в яких рух газів і рідин відбувається з великими швидкостями і має пульсуючий характер.

Представлене дослідження стосується визначення безпеки працюючих при впливі на них одного з найбільш небезпечних виробничих факторів – шуму.

Визначено, що шум, як і будь-який інший фактор навколишнього середовища, здійснює вплив на організм людини. Дослідження біологічного впливу шуму на людину показали, що цей вплив залежить від фізичних параметрів звуку. Слід зазначити, що вплив цей залежить не тільки від спектру звукових частот, амплітуди та гучності, але і від послідовності їх появи і звикання до них людини.

Встановлено, що у результаті тривалого впливу шуму на людину, порушується нормальна діяльність серцево-судинної і нервової системи, травних і кровотворних органів, розвивається професійна глухуватість, прогресування якої може привести до повної втрати слуху.

Ключові слова: *шум, звук, гучність, частота, інтенсивність, вплив, безпека, виробничий процес, здоров'я людини, захворювання.*

Вступ

На організм працюючої людини впливає багато матеріальних факторів виробничого середовища. Окремі виробничі фактори діють специфічно, притаманним тільки їм способом, впливаючи на окремі системи та органи і викликають в них певні функціональні зміни або захворювання. Наприклад, фактори пов'язані з коливальними процесами – шум та вібрація часто мають одне джерело виникнення, практично завжди сумісно діють на організм людини, але характер їх впливу дещо різниться. Під впливом шуму відбуваються такі функціональні розлади як, наприклад, адаптація або втомлюваність органів слуху. В окремих випадках шум може викликати професійне ослаблення слуху або повну глухоту. Однак, окрім специфічної дії на окремі системи та органи людини, будь-яка праця яка виконується у відповідному матеріальному становищі, призводить до виникнення багатьох явищ і процесів, оцінка яких змушує зробити висновок про комплексну дію всієї виробничої обстановки на людський організм. В кожному виробничому середовищі одночасно проявляється багато фізичних та хімічних факторів, які можуть нівелюватись і взаємно компенсуватись з точки зору фізіології або навпаки – накладатись один на одного і підсилювати один одного. Тому одним з принципів ергономіки є розгляд людського організму як єдиного цілого, що знаходиться в нерозривному взаємозв'язку з виробничим середовищем. Адже за визначенням Міжнародної організації ергономіки яка була прийнята на конгресі 2010 року: «Ергономіка – це наукова дисципліна, що вивчає взаємодію людини та інших елементів системи, а також сфера діяльності щодо застосування теорії, принципів, даних і методів цієї науки для забезпечення благополуччя людини та оптимізації загальної продуктивності системи» [1, 2]. Відповідно до цього визначення

ергономіка повинна виконувати наступні завдання:

– проведення досліджень спрямованих на пристосування елементів системи «людина – трудовий процес» до природних фізичних і психологічних можливостей працівника;

– забезпечення максимальної ефективності праці;

– запобігання всім можливим загрозам для здоров'я людини;

– оптимізація витрат біологічних ресурсів у процесі праці.

Актуальність дослідження

Розгляд виробничого середовища як інтегрального цілого не виключає необхідності вивчення його окремих складових елементів. В цьому, на перший погляд, протиріччі виступають ті ж взаємозв'язки, що і в протиріччі між частиною і цілим при аналізі та синтезі. Вивчення окремих факторів виробничого середовища вимагає чіткої їх класифікації. При самій загальній класифікації їх можна розділити на дві групи, які принципово відрізняються одна від одної, а саме фізичні та хімічні фактори. Однією з підгруп фізичних факторів є коливання і, як наслідок, шум. В свою чергу, ця підгрупа включає акустичні коливання, тобто шум, та механічні коливання (загальна і місцева вібрація). Головним завданням охорони праці (і, звісно, ергономіки) є забезпечення для людини здорових та безпечних умов праці що мінімізують випадки професійного травматизму та захворюваності. Для цього потрібно досконально вивчити внутрішні зв'язки в системі «людина-машина», характер їх реагування на зовнішні збурення. Безсумнівно, вивчення джерел виникнення виробничого шуму, шляхів його розповсюдження, особливостей впливу на організм людини та захист від шкідливих впливів є наразі актуальним питанням.

Однак, сьогодні не існує чіткої системи теоретичних та експериментальних досліджень щодо джерел виникнення шуму, його різновидів, наслідків впливу на організм людини, заходів та засобів боротьби з шумом. В цій роботі зроблена спроба систематизувати наявний матеріал, намітити шляхи подальших досліджень.

Мета досліджень

Метою досліджень є зменшення негативного впливу виробничого шуму на працівників шляхом узагальнення досліджень щодо дії шуму на організм людини, визначення напрямків підвищення ефективності колективного та індивідуального захисту від шуму.

Основна частина

Механічні коливання матеріальних часток будь-якого пружного середовища створюють шум. Під час проникнення в простір він знаходиться в стані фізичної рівноваги, причому механічні коливання призводять до локальних змін щільності і тиску. Різниця між надлишковим тиском, який виникає в результаті розповсюдження акустичної хвилі, і тиском середовища (наприклад, повітря) має назву акустичний тиск, який зазвичай вимірюється в мікробарах (1 бар = 10^5 Па = 10^5 н/м^2). Нормальний атмосферний тиск (760 мм рт.ст.) в цих одиницях становить $1{,}013\times10^6$ мкбар.

В теорії та практиці науки про шум розрізняють звуки – прості та складні. Джерелом простих звуків є тіла, які здійснюють коливання всією своєю масою, а матеріальною основою складних звуків є коливання як всього тіла, так і його окремих частин. На відміну від простих звуків, в складних звуках розрізняють не тільки основні, але й додаткові тони. Як прості, так і складні звуки мають постійні значення амплітуди і частоти коливань, а у випадку шуму, який складається з різних тонів, ці параметри виявляються змінними і неперіодичними. Складні звуки розрізняють за висотою, тембром і гучністю, причому висота звуку залежить від частоти, гучність – від амплітуди коливань, а тембр – від наявності додаткових тонів.

Слуховий аналізатор людини здатний сприймати звуки з частотою від 16 до 20000 Гц, якщо надлишковий тиск, який виникає під дією акустичних коливань, перевищує деяке граничне значення, яке називають порогом чутності. Звуки з частотою нижче 16 Гц називають інфразвуком, а з частотою більше 20000 Гц – ультразвуками. Акустичний тиск звуку з частотою 1000 Гц, який відповідає порогу чутності, становить 2×10^{-4} мкбар. Відчуття звуків голосу виникає коли акустичний тиск знаходиться в межах від 2×10^{-4} до 5×10^2 мкбар.

Однак цих параметрів буває замало для об'єктивної, і тим більше суб'єктивної (тобто тієї що ґрунтується на власних відчуттях) оцінки інтенсивності звуку і шуму. Більш зручним виявилось використання для цього енергетичних одиниць. Тому зазвичай силу звуку вимірюють величиною звукової енергії, яка проходить на протязі 1 с через поверхню перпендикулярну напрямку руху звукової хвилі. Акустична енергія зазвичай вимірюється в мікроватах (мкВт). Об'єктивна сила звуку вимірюється в мікроватах на квадратний сантиметр, причому 1 мкВт/см^2 відповідає тиску 20 мкбар. Таким чином порогу чутності відповідає сила звуку 10^{-10} мВт/см^2.

Поріг чутності відповідає нижній границі об'єктивної шкали акустичної сили звуку, а її верхній границі відповідає сила звуку (також на частоті 1000 Гц), яка викликає больове відчуття. Для людей з особливо чутливим слухом ця величина становить $10^2 \ldots 10^3$ мкВт/см^2 (200 мкбар). Таким чином, діапазон акустичної шкали виявляється досить широким: він охоплює 10^6 одиниць акустичного тиску або 10^{12} одиниць акустичної енергії. Тому застосування лінійної шкали в цьому випадку видається вкрай незручним. Набагато зручнішою є логарифмічна шкала, де кожне десятикратне змінення сили звуку (або двадцятикратне збільшення його тиску) відповідає одній одиниці виміру. Це можна представити у вигляді залежності:

$$L = \lg \frac{I}{I_0} = 2 \lg \frac{P}{P_0}, \tag{1}$$

де $I_0 = 10^{-16}$ *мВт/см*^{2}, а $P_0 = 2 \times 10^{-4}$ мкбар.

Таким чином, якщо $I = I_0$, інтенсивність $L = \lg 1 = 0$; якщо $I = 10 \times I_0$, $L = \lg 10 = 1$; якщо $I = 100 \times I_0$, $L = \lg 100 = 2$ тощо.

Можна провести відповідні розрахунки також і з використанням одиниці акустичного тиску.

Ця логарифмічна одиниця називається Бел (на честь А. Г. Белла – винахідника телефону). На практиці, зазвичай, користуються величиною в десять разів меншою, яка називається децибел (дБ). Збільшення інтенсивності звуку на 1 дБ відповідає збільшенню сили звуку на 26 %, а звукового тиску – на 12 %.

Використання логарифмічної шкали для оцінки сили звуку і акустичного тиску пов'язано також і з тим, що у відповідності до закону Вебера-Фехнера [3] існує логарифмічна залежність між суб'єктивними відчуттями і фізичними подразниками. Ця залежність може бути представлена у вигляді формули:

$$L = C \frac{\Delta E}{E}, \tag{2}$$

де ΔE – відчутний приріст сили подразника; E – сила подразника, що діяв раніше; C – постійний коефіцієнт.

Якщо допустити що величини послідовних приростів сили звуку рівні між собою, отримаємо після перетворень наступне рівняння:

$$L = const \times \lg E, \tag{3}$$

де L – відчутна сила звуку (суб'єктивна величина); E – дійсна сила звуку (об'єктивна величина).

Закон Вебера-Фехнера інколи вважають універсальним психофізичним законом, під який підпадають будь-які зміни відчуттів, які викликані різними фізичними подразниками (акустичними і механічними коливаннями, запахами, температурою тощо). Потрібно зауважити, що така точка зору не відповідає результатам багатьох експериментальних досліджень. Можна стверджувати, що закон Вебера-Фехнера відображає дійсну залежність між силою подразника та інтенсивністю відчуттів тільки в обмеженому інтервалі дії подразника, причому дія дуже сильних або дуже слабких подразників не відповідають цьому закону. Останнім часом наводиться все більше аргументів на користь того, що залежність між силою подразника та рівнем відчуттів є не логарифмічною, а показниковою (так званий закон Стівенса) [3, 4].

Існування різниці між інтенсивністю подразника та рівнем відчуття призвело до створення не тільки об'єктивної, але й суб'єктивної шкали. Це пояснюється ще й тим, що рівень відчуття залежить не тільки від сили звуку, але і від його частоти. Тому при створенні об'єктивної шкали використовувались звуки тільки визначеної частоти (1000 Гц). Суб'єктивна шкала на відміну від

шкали об’єктивної охоплює повний інтервал частот що може чути людина. Це так звана «фонова» шкала сили звуку, яка розроблена на основі експериментальних досліджень. В результаті яких було встановлено, що два різних звуки з різною частотою, але з однаковою об’єктивною силою, викликають в органах слуху людини різні суб’єктивні відчуття. Окрім того, ці дослідження показують, що за збільшення або зменшення інтенсивності одного й того ж звуку, можна (незважаючи на різницю в частотах) викликати відчуття еквівалентне тому, що виникає у випадку дії звуків іншої інтенсивності. Таким шляхом були побудовані так звані криві рівних відчутних гучностей (ізосонічні криві) [5, 6]. На рис. 1 наведені ці криві рівної гучності чистих тонів.

Суб’єктивно сила звуку вимірюється в фонах, причому у випадку дії звуку з частотою 1000 Гц, 1 фон відповідає 1 дБ, а у випадку звукових коливань з іншими частотами, ці величини будуть різними: у міру збільшення різниці між цією і еталонною частотами, ці відмінності все більш зростають. Але як можна бачити з графіка на рис. 1, в діапазоні від 400 – 500 Гц до 4000 – 5000 Гц вказана різниця виявляється незначною, отже, на практиці цими відмінностями можна знехтувати.

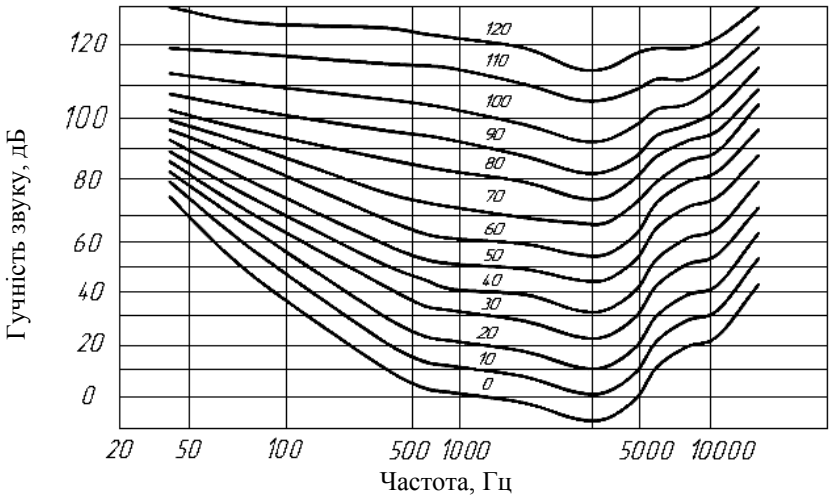

Рис. 1. Криві рівної гучності чистих тонів

Шум, як і будь-який інший фактор навколишнього середовища, здійснює вплив на організм людини. Дослідження біологічного впливу шуму на людину показали, що цей вплив залежить від фізичних параметрів звуку. Однак слід зазначити, що вплив цей залежить не тільки від спектру звукових частот, амплітуди та гучності, але і від послідовності їх появи і звикання до них людини. Відомо, що в деяких випадках інтенсивні, але і ритмічні звуки, які створюють просту мелодію, сприймаються як приємна музика. Більш того, саме поняття мелодичності музики, а також відчуття, які викликає ця складна гамма звуків (які створюють її матеріальну основу), змінюються в часі і обумовлені психологічними, соціальними та іншими індивідуальними факторами.

Поняття «шум» повинно визначатись суб’єктивними критеріями, скоріш за все психологічного характеру. Шумом можна назвати такі акустичні явища (як чутні, так і не чутні), які в цьому місці і в цей час неприємні або шкідливі для здоров’я. Хоча це визначення і не зовсім точне, воно досить точно відображає реальний стан проблеми. При оцінці шуму як з фізичної, так і з біологічної точок зору, потрібно враховувати не тільки гучність звуків, але і їх спектр, тобто розподіл звуків по окремим частотам. Звуки високої частоти викликають більш шкідливий вплив, ніж звуки низької частоти. З цього виходить, що небезпека шуму збільшується при зміщенні найбільших рівнів гучності в бік високих частот. Шум, який проявляється у вигляді дискретних імпульсів, виявляється більш шкідливим ніж постійний звук, а шум що виник раптово, призводить до більших психофізіологічних порушень, ніж «нормальний» шум цього приміщення.

Біологічний вплив шуму вже значний час є предметом наукових досліджень. Опубліковані результати стосуються впливу, який здійснює шум на органи слуху, для яких будь-який акустичний вплив є адекватним подразником [7]. Також опублікований ряд робіт присвячених впливу шуму на інші органи і системи людського організму [7, 8]. Підкреслюючи різницю між адекватним і

неадекватним впливом шуму, деякі автори називають вплив шуму на функції внутрішніх органів, а також на вегетативну і центральну нервову системи неспецифічним [9, 10]. Вони вважають, що наслідки неспецифічного впливу позначаються на органах слуху раніше ніж специфічний вплив.

Вплив шуму на органи слуху може бути активним (акустична втрата слуху) або пасивним (зворотне і незворотне послаблення гостроти слуху). Функціональні зміни органів слуху, які настають під впливом шуму, перш за все проявляються в підвищенні порогу чутності. Це підвищення (яке виражається в появі різниці порогів чутності одної і тої людини після дії шуму і перед такою дією) може змінюватись в межах від декількох децибел до декількох десятків децибел і залежить від багатьох факторів (частоти звуку, індивідуальних особливостях організму людини, експозиції дії шуму). Деякі автори довели, що підвищення порогу чутності з'являється перш за все при впливі звуків з частотою 250 – 4100 Гц [11, 12]. В той же час автори [11, 13] виявили що органи слуху мають найбільшу чутливість до звуків частотою 800 Гц та в діапазоні 1000 – 3000 Гц.

Підвищення порогу чутності є фізіологічним явищем, яке супроводжує процеси функціональної адаптації органів слуху. Можна допустити, що причиною адаптації є захисна реакція центральної нервової системи. Зміщення порогу чутності (зміна гостроти слуху) відображає інтенсивність процесів гальмування.

Під час дії на організм людини складного по спектральному складу шуму, який складається зі звуків різної частоти, може настати явище так званого маскування, або заглушення одних звуків іншими. При цьому маскуючий звук призводить до підвищення порогу чутності по відношенню до звуків, які він маскує. Значний ефект маскування створюють звуки з частотою 200 – 400 Гц, які глушать звуки наступного за ними діапазону (більше 400 Гц). За різними гіпотезами явище маскування можна пояснити як наслідок іррадіації збудження в центрах кори головного мозку, або як один з проявів адаптації органів слуху.

Розрізняють три фази, або форми реакції органів слуху на шум: адаптацію, втому і порушення функцій. Стан адаптації є оборотним і підвищення порогу чутності, що спостерігається під час адаптації зазвичай спадає вже через 3…5 хвилин відпочинку в умовах відносної тиші. Швидкість появи і ефективність адаптації, а також інтервал звукового спектру, по відношенню до якого спостерігається поріг чутності, залежать від інтенсивності і часу дії акустичного подразника. Інтенсивність адаптації на ділянці вище 2000 Гц становить 10 дБ, а на ділянці спектра нижче 1000 Гц – 15 дБ [12]. Зміщення порога чутності можна виявити за допомогою аудіометричного дослідження (рис. 2).

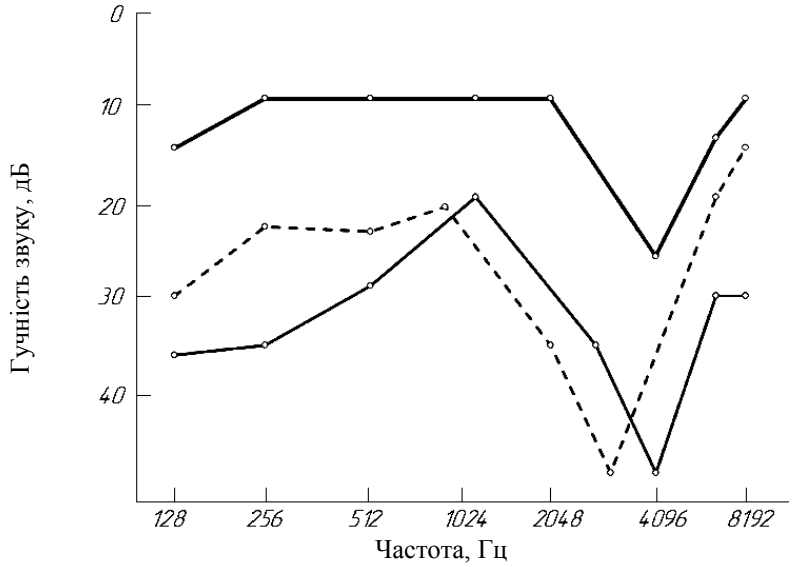

Рис. 2. Підвищення порогу чутності під час роботи в умовах шуму:
1 – результати аудіометричних досліджень перед роботою; 2 – результати аудіометричних досліджень після першої години роботи; 3 – результати аудіометричних досліджень після робочого дня

В стані втоми, який виникає під дією занадто тривалого або занадто інтенсивного акустичного подразнення, спостерігається тривале підвищення порогу чутності, який зникає тільки через кілька годин або навіть десятків годин відпочинку, а в окремих випадках – тільки через декілька днів або тижнів. В деяких випадках втома органів слуху може стати незворотньою (пасивне акустичне порушення діяльності органів слуху). Незворотні зміни, які наступають при акустичній травмі (пасивній або гострій), відбуваються в результаті механічного пошкодження барабанної перетинки або кортієвого органу, який розташований у внутрішньому вусі. На відміну від акустичної травми, зворотні зміни органів слуху виникають внаслідок рефлекторного стиснення середнього вуха, а також в результаті функціональних порушень в центральній нервовій системі, які викликані надмірною кількістю імпульсів, що досягають кори головного мозку.

Втома слухової системи також пояснюється порушенням біохімічних процесів, які протікають в органах слуху. В стані втоми спостерігається зменшення споживання кисню, а також зниження активності дегідрогенізації бурштинової кислоти (ферменту, який міститься у внутрішніх волоскових клітинах), що пов’язано зі зменшенням рівня вмісту протеїну і нуклеїнових кислот в клітинах змієподібних завитків. Повернення концентрації цих речовин до нормального рівня триває біля доби, але може протікати і значно повільніше (до 3…8 тижнів). Саме в цей період спостерігається втома органів слуху.

Раніше вважалось що для чутності 120…130 дБ існує постійний больовий поріг. Новітні дослідження [11 – 13] показали, що гучність звуків, які відповідають больовому порогу, залежить від частотного спектру і змінюються в досить широких межах. Дослідники дійшли висновку, що ступінь шкідливого впливу шуму залежить від багатьох факторів, в тому числі від рівня гучності, частотного діапазону, часу і характеру впливу шуму на протязі робочого дня, від стажу роботи в умовах підвищеного шуму, а також індивідуальних особливостей організму.

Серед різних форм негативної дії шуму на організм людини найбільш детально досліджений його вплив на психічні функції і на стан серцево-судинної системи. Зокрема в [14] відмічається, що в області суб’єктивного сприйняття, шум призводить до виникнення неприємних відчуттів: нездужання, занепокоєння, стану страху, пригніченості, страждання і тривоги. В умовах шуму зменшується здатність зосередження уваги, утруднюється виконання точних робіт, які здійснюються за участі центральної нервової системи. Під впливом шуму подовжується час простоїв і складної реакції (особливо час вибору). Це означає, що шум заважає якісному виконанню тих видів робіт, які пов’язані з прийомом і передачею інформації, творчою роботою різноманітної направленості. Окрім того, шум заважає вербальному обміну інформацією. Спектр частот звичайної людського мовлення охоплює діапазон від 200 до 2000 Гц, а її гучність (на відстані 300…360 см) становить 30…70 дБ. Сприйняття розмови можливо в тому випадку, якщо акустична гучність фону принаймні на 10 дБ нижче гучності мовлення. Таким чином при шумі інтенсивністю 70 дБ вербальний обмін інформацією ускладнюється і інтенсивність звукових сигналів потрібно збільшити.

Практично всі дослідження підтверджують той факт, що в умовах високого рівня шуму знижується продуктивність праці. Працівники, які знаходяться під постійним впливом шуму скаржаться на головні болі і запаморочення, поганий сон і апетит, в них може спостерігатись неправильна реакція на зміну температури, порушення зору, нюху та смакових відчуттів. Такі працівники знаходяться в стані підвищеного збудження, у них порушується нервово-психічна рівновага, вони в більшій мірі страждають від захворювань пов’язаних з порушеннями діяльності нервової системи, і перш за все від неврозів. Під впливом шуму об’єктивно спостерігається зміна біоелектричної активності кори головного мозку.

Шум по різному впливає на функціонування серцево-судинної системи. Було виявлено що шум не впливає на частоту пульсу, але призводить до підвищення артеріального тиску. Хвилинний об’єм серця спочатку збільшується, а потім понижується. Зміна функцій серцево-судинної системи стає більш очевидною при зміщенні спектру шуму в бік високих частот. Взагалі, можна зробити висновок, що ступінь впливу шуму на організм працівника значною мірою залежить від параметрів звуку і, звичайно, від індивідуальних особливостей організму.

Потрібно зазначити що шум впливає не тільки на фізичні кондиції людини, але й на її розумові здібності. Так, в [15] відмічається що під впливом шуму знижується продуктивність праці, яка потребує постійної участі органів зору, при цьому експозиція чіткого бачення предметів зменшується порівняно з нормальним майже вдвічі в залежності від інтенсивності шуму. Шум також призводить до порушення процесів адаптації органів зору в темряві. Під впливом шуму підвищується поріг видимості в темряві, зменшується чутливість зору до помаранчево-червоного випромінення і збільшується чутливість до синє-зеленої частини спектру. Ці дані мають велике практичне значення і їх потрібно використовувати під час проєктування систем оповіщення і сигналізації.

Оцінка негативного впливу шуму на людський організм буде неповною, якщо не приділити декілька слів загальному впливу шуму на енергетичні процеси. Дослідження [16] виявили що енергетичні затрати організму збільшуються під час виконання робіт в умовах шуму. Простіше кажучи: всяка робота, яка виконується за наявності шуму, виявляється більш важкою порівняно з аналогічною роботою, яка виконується в умовах відносної тиші.

Всебічна оцінка негативного впливу шуму повинна враховувати його інтенсивність (рівень гучності), рівень джерел шумового фону, спектр шуму, що досліджується і спектр шумового фону, зміну шуму з часом і в окремих частинах спектру на протязі робочого дня, а також індивідуальні особливості людей, які працюють в умовах впливу шуму.

Боротьба зі шкідливим впливом шуму здійснюється цілою системою різноманітних заходів. Перш за все потрібно намагатись знизити інтенсивність шуму, що досягається за допомогою засобів, які змінюють напрям розповсюдження звуків від джерела, глушінням резонансних коливань, зменшенням числа вібруючих елементів, послабленням хвиль, що відбиваються від поверхні, або встановленням звукоізолюючих екранів.

Для індивідуального захисту органів слуху використовують спеціальні вушні пробки (антифони) або захисні шлеми. Застосування антифонів протипоказано у тих випадках коли разом із шумом є в наявності загальна вібрація, тому що при перекритті зовнішнього слухового каналу утруднений відвід звукової хвилі, що викликає підсилення шкідливого впливу механічних коливань. Антифони потрібно виготовляти з м’яких матеріалів і заповнювати нешкідливими речовинами.

Сучасні протишумові навушники можуть мати функцію автоматичного регулювання рівня гучності зовнішніх звуків, забезпечують ефективне зниження шуму до 25 дБ, дозволяють чути і краще розпізнавати навколишні звуки, попереджувальні сигнали, звуки обладнання, розмови тощо. Більшість з них дозволяють регулювати рівень сприйняття зовнішніх звуків, мають декілька рівнів гучності, цифрове регулювання рівня шуму тощо.

Не зважаючи на таке різноманіття захисних засобів від дії шуму, потрібно дотримуватись норм рівня шуму в залежності від категорії виробничих приміщень, виду виробництва та інших факторів. В таблиці 1 наведені гранично допустимі рівні шуму в залежності від його джерела і параметрів, а також виду приміщення.

Таблиця 1

Гранично допустимі норми шуму (дБ)

Вид шуму	Середньогеометрична величина граничних діапазонів октав, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Шуми, проникаючі ззовні в приміщення, яке знаходиться на території промислового підприємства:								
а) конструкторське бюро, лабораторії без власних джерел шуму;	71	61	54	49	45	42	40	38
б) адміністративні приміщення підприємств, амбулаторій тощо.	79	70	63	58	55	52	50	49
Шуми, які виникають в приміщеннях і проникають в приміщення, яке знаходиться на території промислового підприємства:								
а) зали точного монтажу;	79	70	63	58	55	52	50	49
б) лабораторії, кабіни контролю і керування;	94	87	82	78	75	78	71	70
в) робочі місця в цехах та на території промислових підприємств.	103	96	91	88	85	83	81	80

Не зважаючи на наявність досить значної кількості ефективних технічних засобів для захисту працівників від дії шуму, з цією метою застосовується ціла низка різноманітних заходів, зокрема і медично-профілактичних. Крім активного і пасивного захисту від дії шуму необхідний постійний медичний контроль за станом здоров'я працівників, ретельний підбір кадрів для роботи в умовах шумних виробничих приміщень.

Тільки органічне поєднання різноманітних технічних засобів та організаційно-профілактичних заходів дасть змогу ефективно захистити працівників від негативної дії шуму, зберегти їх здоров'я та працездатність на задовільному рівні.

Висновок

1. Ергономічні недоліки в організації робочих місць можуть стати факторами ризику виробничого процесу. Ці недоліки можуть викликати розвиток функціональних порушень робітників, призвести до зниження продуктивності праці, виникнення професійних захворювань.

2. Одним з найбільш небезпечним виробничим фактором, що загрожує здоров'ю людини, є шум. Особливості впливу виробничого шуму, характер, глибина і спрямованість фізіологічних змін різних систем організму людини залежать від рівня та частотного складу звукових коливань, їх направленості та фізіологічних властивостей тіла людини.

3. Для кількісної оцінки впливу шуму на організм людини доцільно використовувати відносну логарифмічну шкалу звукових відчуттів. Така одиниця має назву Бел, на практиці зазвичай використовують одиницю в 10 разів меншу, тобто децибел (дБ).

4. Боротьба з шкідливим впливом шуму в більшості випадків зводиться до дотримання наявних норм і правил та застосуванню різноманітних технічних засобів, які зменшують параметри вібраційного впливу, а також лікувально-профілактичних заходів, що запобігають виникненню і розвитку негативних наслідків від дії шуму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ергономічні аспекти охорони праці в сільському господарстві / А. В. Спірін, О. В. Цуркан, І. В. Твердохліб [та ін.] // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2022. – № 1 (116). – С. 41 – 50.

2. Вплив вібрації на ергономічні показники виробничого процесу / А. В. Спірін, О. В. Цуркан, І. В. Твердохліб [та ін.] // Вібрації в техніці та технологіях. – 2023. – № 1 (108). – С. 45 – 56.

3. Ткачишин В. С. Вплив виробничого шуму на організм людини / В. С. Ткачишин // Медицина залізничного транспорту України. – 2004. – № 3. – С. 96 – 102.

4. Борисюк Д. В. Джерела шуму вантажних автотранспортних засобів / Д. В. Борисюк // Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту : матеріали VII-ї Міжнародної науково-практичної інтернет-

конференції, м. Вінниця, 8-10 квітня 2019 р. – Вінниця, 2019. – С. 52 – 54.

5. Борисюк Д. В. Системи вимірювання та аналізу вібрації, удару і шуму / Д. В. Борисюк, В. І. Яцковський // Вібрації в техніці та технологіях. – 2013. – № 4 (72). – С. 5 – 12.

6. An analysis of noise and its environmental burden on the example of Nigerian manufacturing companies / B. O. Bolaji, M. U. Olanipekun, A. A. Adekunle [et al.] // Journal of cleaner production. – 2018. – Volume 172. – P. 1800 – 1806.

7. Objective assessment of the sound paths through earmuff components / S. Boyer, O. Doutres, F. Sqard [et al.] // Applied Acoustics. – 2014. – Volume 83. – P. 76 – 85.

8. Burella G. Design solution to mitigate high noise levels on small fishing vessels / G. Burella, L. Moro // Applied Acoustics. – 2021. – Volume 172. – P. 107632

9. Robust high-efficiency and broadband acoustic absorber based on meta-molecule cluster sets / Y. Wang, Y. Dong, S. Zhang [et al.] // Applied Acoustics. – 2020. – Volume 170. – P. 107517.

10. Залеський І. І. Екологія людини / І. І. Залеський, М. О. Клименко. – К. : Академія, 2005. – 288 с.

11. Гігієна праці : [за ред. А. М. Шевченка]. – К. : Інфотекс, 2000. – 608 с.

12. Костюк І. Ф. Професійні хвороби / І. Ф. Костюк, В. А. Капустник. – К. : Здоров’я, 2003. – 636 с.

13. Решетченко А. І. Аналіз існуючих нормативів країн ЄС порівняно із вимогами українського законодавства в сфері шумового навантаження в урбоексистемі / А. І. Решетченко, А. І. Борсук, Ю. І. Вергелес // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2019. – № 2 (20). – С. 16 – 23.

14. Кошель В. І. Основи охорони праці / В. І. Кошель, Г. П. Сав’юк, Б. С. Дзундза. – Івано-Франківськ : НАІР, 2020. – 182 с.

15. Грибан В. Г. Охорона праці / В. Г. Грибан, О. В. Негодченко. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 280 с.

16. Ковальова А. В. Виробничий ризик від постійного шумового навантаження для робітників відкритого повітря / А. В. Ковальова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2021. – Випуск 4 (66). – С. 90 – 93.

Стаття надійшла до редакції 11.12.2023.
Стаття пройшла рецензування 19.12.2023.

Борисюк Дмитро Вікторович – к. т. н., старший викладач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту.
Вінницький національний технічний університет.

Спірін Анатолій Володимирович – к. т. н., доцент, в.о. завідувача кафедри інженерії та електротехнічних систем в АПК.

Присяжнюк Дмитро Володимирович – к. т. н., заступник директора з навчальної роботи.
Відокремлений структурний підрозділ «Ладижинський фаховий коледж Вінницького національного аграрного університету».

Твердохліб Ігор Вікторович – к. т. н., доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та охорони праці.
Вінницький національний аграрний університет.