

Хмельницький національний університет

Повна назва вищого навчального закладу

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Повна назва факультету

Кафедра будівництва та цивільної безпеки

Повна назва кафедри

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістр

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Галузь знань 26 – Цивільна безпека

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність 263 – Цивільна безпека

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація Охорона праці (за галузями)

на тему «Вдосконалення методики оцінки впливу шуму на працівників»

Шифр ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ

Виконав: студент групи ЦВБм-20-1

Сироватський В.В.

Підпис

Керівник:

Підпис, дата

Соколан Ю. С.

До захисту допускаю:

Підпис, дата

Калда Г. С.

Зав. кафедри _____

_____ 2021 р.

Хмельницький, 2021

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ШУМУ В УКРАЇНІ ТА У СВІТІ	7
1.1 Класифікація та характеристики шуму.....	7
1.2 Вплив шуму на організм людини	14
1.3 Аналіз нормативно-правового регулювання показників шуму в країнах світу	21
2 МЕТОДИ ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ ВІД ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ШУМУ	30
2.1 Статистика шкідливого впливу шуму на працівників у різних країнах світу...	30
2.2 Методи розрахунку виробничого шуму	35
2.3 Методи захисту від шуму та види індивідуального захисту працівників	41
2.4 Інноваційні шумоізолюючі та шумопоглинальні матеріали	50
3 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ШУМУ НА ПРАЦІВНИКІВ	68
3.1 Спрощення розрахунку непостійного шуму шляхом його автоматизації	68
3.2 Функціональні можливості розробленої програми для оцінки рівню еквівалентного шуму	73
ВИСНОВОК.....	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	83

						ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>							
<i>Виконав</i>	Сироватський В.В.				Вдосконалення методики оцінки впливу шуму на працівників			<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Перевір.</i>	Соколан Ю.С.							Н	4	87	
<i>Н.контр.</i>	Паршенко К.А.				гр. ЦВБм – 20 – 1						
<i>Затв.</i>	Калда Г.С.										

ВСТУП

У сучасному світі працівники підприємств різних галузей виробництва постійно піддаються дії шумів та звуків різного характеру. Шум негативно впливає на організм людини, внаслідок чого робітники можуть отримувати фізичні та психічні травми різного характеру, у працівників може розвинути ряд професійних захворювань, викликаних шумом. Вплив шуму має аккумулятивний характер, в результаті чого його накопичення в організмі людини призводить до все більшого та сильнішого пригнічення нервової системи.

Небезпечний та шкідливий вплив шуму на працівників достовірно встановлено, а ступінь такого впливу залежить від, в першу чергу, характеру шуму, його рівня, тривалості впливу та форми. Крім того, слід враховувати індивідуальні особливості людини. Стосовно виду подразників шум відноситься до загально фізіологічних, що можуть впливати на більшість систем організму людини, і, як наслідок, різних органів. Науковцями у сфері медицини було відзначено, що дія шуму стає результатом виникнення нервових, серцево-судинних захворювань, глухоти, порушення обмінних процесів в організмі людини, а також може призвести до розвитку виразкової хвороби.

В такому розрізі постає **актуальність** вирішення задачі простого, швидкого та точного методу оцінки впливу шуму на працівників.

Мета і завдання дослідження полягають у зменшенні кількості помилок та збільшення точності розрахунку рівня еквівалентного шуму. *Об'єктом дослідження* є виробничий постійний та непостійний шум, його вплив та людину, а також засоби захисту працівників від негативного впливу шуму. *Предметом дослідження* є вдосконалення методу оцінки впливу шуму на працівників шляхом автоматизації розрахунку еквівалентного рівню шуму.

Наукова новизна полягає в наступному:

– проведено аналіз нормативно-правових регулюючих документів стосовно рівню виробничого шуму, які діють в Україні та інших країнах світу;

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

- проаналізовані статистичні дані щодо кількості працівників, що піддаються шумовому впливу в Україні та передових країнах світу;
- проаналізовані нові засоби індивідуального захисту працівників від шумового впливу;
- проаналізовані сучасні новітні та інноваційні звукопоглинаючі та звукоізолюючі матеріали.

Одержані результати дипломної роботи:

- виокремлено найбільш оптимальні матеріали для обробки приміщень із підвищеним рівнем шуму, які б забезпечували не тільки захист від шуму, а ще й мали додаткові функції (наприклад, теплоізоляція приміщень);
- виокремлено найбільш ефективні та сучасні засоби індивідуального захисту працівників, при чому вибір базується не тільки на технічних характеристиках, а й на вартості захистів органів слуху;
- розроблено програмний продукт для спрощення, вдосконалення та автоматизації процесу оцінки еквівалентного шуму протягом доби.

Практичного застосування результати проведених у дипломній роботі досліджень мають на будь-якому підприємстві виробничого характеру, якому по причині виконання технологічних процесів властиве створення шумного середовища із небезпечним та шкідливим впливом виробничого шуму різного характеру.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		6

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ РЕГУЛЮВАННЯ ШУМУ В УКРАЇНІ ТА У СВІТІ

1.1 Класифікація та характеристики шуму

Шум або акустичний шум – це коливання частинок довкілля, що сприймається органами слуху людини як небажані сигнали. З точки зору акустики шум – це нестійкі або випадкові акустичні коливання, що характеризуються випадковою зміною амплітуди та частоти [39].

З фізіологічної точки зору шум являє собою звуковий процес, несприятливий для сприймання і який негативно впливає на людину, з фізичної – безладне поєднання різних за частотою та інтенсивністю звуків [30].

Будь-який звук характеризується:

- частотою f , Гц;
- інтенсивністю I , Вт/м²;
- тиском p , Па.

Розрізняють інфразвук (частота менше 20 Гц), звук (20...20000 Гц), ультразвук (частота більше 20000 Гц) та гіперзвук (частота більше 10⁹ Гц). Людина чує тільки ті звуки, частота яких знаходиться у межах 20...20000 Гц. Частотна характеристика звукового діапазону зображена на рис. 1.1.

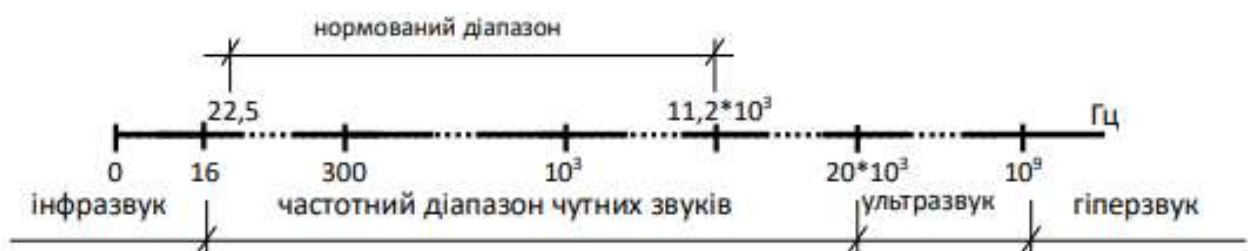


Рисунок 1.1 – Частотна характеристика звукового діапазону

Звуковим полем називають частину простору, в якому поширюються звукові хвилі. За наявності джерела звуку відбувається невелике коливання тиску в середовищі. Різниця між миттєвим значенням повного тиску і середнім

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

тиском, який спостерігається в незбуреному середовищі, називається звуковим тиском [30].

Інтенсивність звуку вимірюють середньою кількістю звукової енергії, яка проходить за одиницю часу через одиночну площадку, перпендикулярну до напрямку розповсюдження звуку. Вона пов'язана з середнім квадратичним значенням звукового тиску \bar{p} (Па) наступною залежністю:

$$I = \frac{\bar{p}^2}{\rho \cdot c}, \quad (1.1)$$

де c – швидкість звуку в даному середовищі, м/с, ρ – густина середовища, кг/м³. За нормальних атмосферних умов для повітряного середовища $\rho_{\text{н}} \cdot c_{\text{н}} = 410 \text{ Нс/м}^3$.

Швидкість поширення звуку залежить від середовища, в якому поширюється цей звук. Наприклад, швидкість звуку в повітрі за нормальних умов становить 340 м/с. Вона зростає з підвищенням температури та практично не залежить від частоти. Швидкість звуку в різних середовищах наведена у табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Швидкості звуку в різних середовищах

Середовище	Швидкість звуку, м/с
Повітря (при 20° С)	343,1
Вода	1483
Водень	1284
Гума	1800
Дерево	3320
Залізо	5850
Морська вода	1530

Вухом людини здатне сприймати великий діапазон величин звукового тиску та інтенсивності звуку: на частоті 1000 Гц від $2 \cdot 10^{-5}$ до 20 Па і від 10^{-12} до 1 Вт/м^2 відповідно. Оскільки оперувати таким діапазоном чисел незручно, а вухом людини здатне оцінювати не абсолютно, а відносну зміну звукового тиску, введені логарифмічні показники – рівні звукового тиску і рівні інтенсивності звуку, які вимірюються в децибелах (дБ).

Рівень звукового тиску, дБ, визначається за формулою:

$$L = 10 \lg \frac{\bar{p}^2}{p_0^2} = 20 \lg \frac{\bar{p}}{p_0}, \quad (1.2)$$

де \bar{p} – середнє квадратичне значення звукового тиску у даній точці; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – значення звукового тиску, що відповідає порогу чутності на частоті 1000 Гц за нормальних атмосферних умов.

Рівень інтенсивності звуку, дБ, визначається за формулою:

$$L_1 = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (1.3)$$

де I – інтенсивність звуку у даній точці; $I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ – інтенсивність звуку, що відповідає порогу чутності на частоті 1000 Гц.

Рівні інтенсивності звуку і звукового тиску пов'язані наступним співвідношенням:

$$L_1 = L + 10 \lg \frac{\rho_n c_n}{\rho \cdot c}. \quad (1.4)$$

За нормальних умов $L_1 = L$.

Поняття «рівень звукового тиску» використовуються при вимірюваннях шуму та оцінці його дії на людину, поняття «рівень інтенсивності звуку» - при акустичних розрахунках.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У випадках, коли у деяку точку потрапляє шум від декількох джерел, додаються їхні інтенсивності, а не рівні:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(10^{0.1L_1} + 10^{0.1L_2} + \dots + 10^{0.1L_N}), \quad (1.5)$$

де L_1, L_2, \dots, L_N – рівні звукового тиску або рівні інтенсивності, які утворюються кожним джерелом в даній точці.

Якщо $L_1 = L_2 = \dots = L_N$, то сумарний рівень:

$$L_{\Sigma} = L + 10 \lg N, \quad (1.6)$$

де N – кількість джерел шуму.

Класифікація шуму.

По характеру спектру шум поділяється на:

- широкосмуговий (суцільний) – з безперервним спектром шириною більшу за октаву;
- вузькосмуговий (тональний) – в спектрі якого є виражені дискретні тони [19].

Тональний шум має виразні дискретні тони. Спектр такого шуму (рис. 1.2, б) лінійний. Вимірюється в третиннооктавних смугах частот із перебільшенням рівня в одній смузі не менш як на 10 дБ. Якщо одночасно діє широкосмуговий і тональний шум, то спектр такого шуму змішаний (рис. 1.2, в) [12].

Тональний характер шуму встановлюється виміром випромінювання в третьоктавних смугах частот по перевищенню рівня шуму в одній смузі над сусідніми не менше ніж на 10 дБ [19].

По часових характеристиках шум ділиться на:

- постійний – рівень звуку якого за повний робочий день при роботі технологічного устаткування змінюється в часі не більше ніж на 5дБА;

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

– імпульсний – шум, що складається з одного або декількох звукових сигналів, кожен тривалістю менше 1 секунди, при цьому, рівні звуку в дБА1 та дБА, зміряні на часових характеристиках «імпульс» і «повільно» відрізняються не менше ніж на 7 дБ [19].

За походженням шуми діляться на:

– механічні (коливання поверхонь тіл або самих тіл) – виникаючі в результаті руху, ударів, тертя поверхонь окремих вузлів і деталей установок, машин (металообробні верстати, вібро- та ударостенди, тощо);

– аеродинамічні (нестационарні процеси в газі) – виникаючі в результаті витоку стислого повітря, газів або переміщення газоподібного середовища з великою швидкістю (компресорні і вентиляційні установки, пальники, рух тіл в повітрі, літаки);

– гідродинамічні – шуми, що виникають внаслідок стаціонарних та нестационарних процесів в рідинах (кавітація, турбулентність потоку, гідравлічні удари);

– електромагнітні (змінні магнітні сили, що приводять до коливання робочих органів електричних машин і апаратів) – шуми, що виникають в електричних машинах, установках, приладах і апаратах (шум силових трансформаторів за рахунок дії магнітострижкції, тощо) [19].

За частотною характеристикою:

- низькочастотний (менше 400 Гц);
- середньочастотний (400 – 1000 Гц);
- високочастотний (більше 1000 Гц).

Для постійних широкосмугових шумів нормування ведеться за граничним спектром шуму. Граничним спектром, що позначається індексом – ГС називається сукупність нормативних рівнів звукового тиску (РЗТ) в дев'яти стандартизованих октавних смугах частот із середньгеометричними частотами 31,5, 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. Кожний граничний спектр позначається цифрою, яка відповідає допустимому рівню звукового тиску (дБ) в октавній полосі із середньгеометричною частотою 1000 Гц. Наприклад,

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.2 Вплив шуму на організм людини

Шум як несприятливий чинник виробничого середовища наявний у промисловості, транспорті, у сільському господарстві, тощо. Вплив шуму на організм людини пов'язаний в основному із застосуванням нового, високопродуктивного устаткування, з механізацією та автоматизацією виробничих процесів, переходом на високі швидкості під час виконання технологічних процесів. З кожним роком зростає кількість професій, пов'язаних із звуковим чинником, а подальша спеціалізація праці призводить до подовження його впливу на людину [38].

Ступінь прояву патологічних змін в організмі людини, зумовлених впливом шуму, значною мірою залежить від його параметрів, стажу роботи, тривалості дії протягом робочого дня, індивідуальної чутливості організму, поєднання з іншими професійними чинниками.

Шум несприятливо впливає на людину. У робітників, які мають справу з гуркотливими машинами та механізмами, виникають стійкі порушення слуху, що нерідко призводить до професійних захворювань (глухуватості і глухоти). Найбільша втрата слуху спостерігається протягом перших десяти років роботи, і з плином часу ця небезпека зростає. Тривала дія шуму на організм людини призводить до розвитку хронічної перетони, зниження працездатності, виникнення таких симптомів як поганий сон, сонливість, зниження слуху, порушення терморегуляції. Усе це може спричинити аварію на виробництві. Короткочасний, навіть одноразовий вплив шуму високої інтенсивності може спричинити повну загибель спірального органу або розрив барабанної перетинки, що супроводжується почуттям закладеності та різким болем у вухах. Наслідком баротравми нерідко буває повна втрата слуху [14].

Важливою характеристикою шуму є його частотний склад. Низькочастотний шум інтенсивністю до 100 дБ не викликає відчутної несприятливої дії на орган слуху; для середньочастотного шуму ця норма становить 85 – 90 дБ; для високочастотного – 75 – 85 дБ. Несприятливі

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум [14]. Хоча найгірші суб'єктивні відчуття і вплив на організм людини зумовлює високочастотний шум, імпульсний шум вважається шкідливішим за постійний [38].

Трудові процеси, пов'язані з впливом шуму нерідко вимагають вимушеного положення тіла, напруження окремих груп м'язів, підвищеної уваги, нервово-емоційного напруження, вони також можуть поєднуватися з впливом вібрації, пилу, токсичних речовин, несприятливих фізіологічних умов, інфра- та ультразвуку, випромінювання, тощо. Ці обтяжливі чинники істотно впливають не тільки на терміни розвитку змін, зумовлених впливом шуму, а й на клінічну картину захворювання. У сучасному виробництві шум часто стає причиною зниження працездатності, підвищення рівня загальної та професійної захворюваності, частоти виробничих травм [38].

Шум впливає на систему травлення і кровообігу, серцево-судинну систему. У разі постійного шумового фону до 70 дБ виникає порушення ендокринної та нервової систем, до 90 дБ — порушує слух, до 120 дБ — призводить до фізичного болю, який може бути нестерпним. Шум не лише погіршує самопочуття людини, а й знижує продуктивність праці на 10—15 %. У зв'язку з цим боротьба з ним має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике техніко-економічне значення [14].

Ткачшин у своїй роботі [38] розглядає послідовність сприйняття, передавання та аналізу звукових коливань у нормі (рис. 1.4). Він відмічає, що шум є однією з основних причин зниження слуху в працівників з нейросенсною приглуховатістю, механізм розвитку якої показаний на рис. 1.5. Таким чином, зміни, що виникають в органі слуху під впливом шуму, характеризуються ураженням слухового апарату звукосприймання, а саме – периферійного відділу слухового аналізатора.

Крім того, шум розглядається як стресовий чинник і загальний біологічний подразник, який негативно впливає на всі органи і системи організму, передусім на центральну нервову і серцево-судинну системи.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Виникнення патологічних змін в інших органах і системах у відповідь на вплив шуму зумовлене значними анатомо-фізіологічними зв'язками слухового аналізатор з різними відділами нервової системи.



Рисунок 1.4 – Фізіологічний аналіз шумового впливу на орган слуху людини



Рисунок 1.5 – Механізм розвитку нейросенсорної приглуховатості

Основною ознакою тривалого впливу шуму на організм є **синдром зниження слуху**. Щоб оцінити стан слуху в осіб, які працюють в умовах шуму, і з'ясувати експертні питання стосовно їх працездатності, розрізняють чотири ступені втрати слуху (табл. 1.2). Патологічний процес має динамічний характер, поступово прогресує. Стійкі зміни слуху, як правило, розвиваються повільно. Нерідко їм передують адаптація до шуму. Стан характеризується нестійким

У працюючих в умовах шуму основними скаргами є: зниження слуху, головний біль тупого характеру, відчуття важкості і шуму в голові, що виникають до кінця робочої зміни або після роботи, запаморочення при зміні положення тіла, підвищена дратівливість, швидка стомлюваність, зниження працездатності, уваги, підвищена пітливість, порушення ритму сну (сонливість вдень, тривожний сон у нічний час). Можуть спостерігатися неприємні відчуття в області серця у вигляді поколювань, серцебиття. Відзначається виражена нестійкість пульсу і артеріального тиску, особливо в період перебування в умовах шуму [14].

Динаміку розвитку патологічного процесу, спричиненого впливом виробничого шуму, відображають аудіограми в нормі та за наявності кохлеарного невриту з різним ступенем зниження слуху (рис. 1.6).

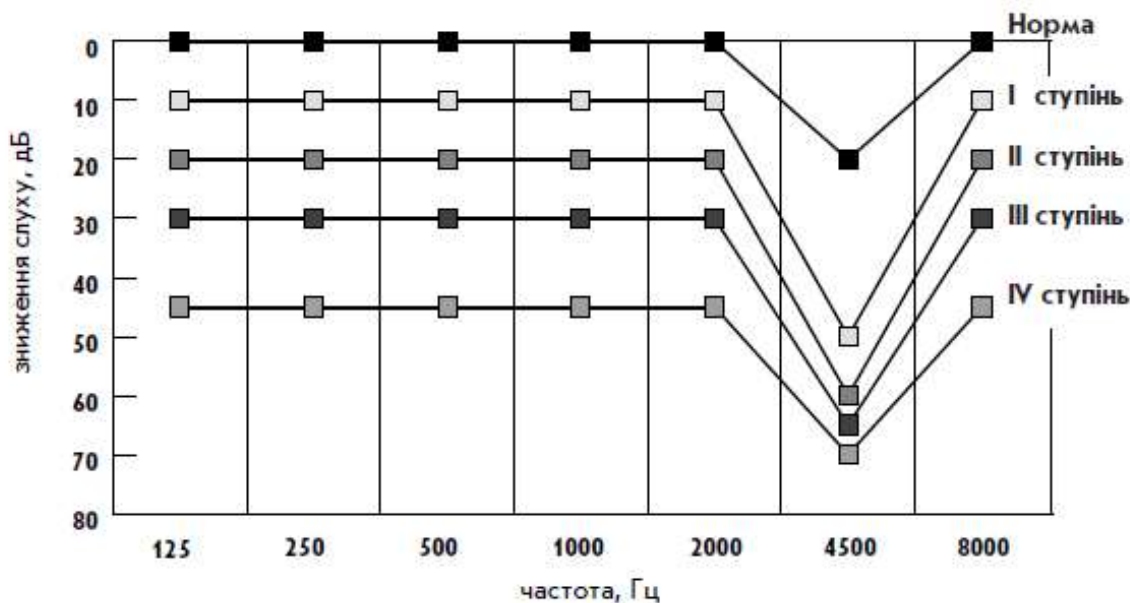


Рисунок 1.6 – Аудіограми: нормальна та в разі втрати слуху різного ступеня

Шум як звуковий подразник впливає не тільки на слуховий аналізатор, а й на органи рівноваги, тому у людини може розвинути **вестибулярний синдром**. У працівника із таким синдромом виникає відчуття запаморочення у зв'язку із зміною положення тіла, крім того нерідко у таких людей виявляють зниження збудливості вестибулярного апарату [38].

Одним з важливих профілактичних засобів попередження стомлення при дії шуму є чергування періодів роботи і відпочинку. Відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність лише в тому випадку, якщо його тривалість та кількість відповідають умовам, в яких відбувається найефективніше відновлення нервових центрів. Важливе значення для осіб, зайнятих на роботах із шумом, має короткочасний відпочинок під час роботи, а також організоване дозвілля поза робочим часом. Захист від високочастотного шуму забезпечують засоби індивідуального захисту (наушники, заглушки для вух та ін.) [14].

Важливе значення у попередженні розвитку шумової патології мають попередні (під час прийняття на роботу) і періодичні (протягом трудової діяльності) медичні огляди. Згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.05.2007 № 246 «Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій» таким оглядам підлягають особи, які працюють на виробництвах, де шум перевищує гранично допустимий рівень, тобто умови праці є шкідливими згідно з наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.04.2014р. №248 Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу».

Кратність проведення періодичних медичних оглядів встановлюється в залежності від інтенсивності шуму. Огляди проводяться за участю отоларинголога, невропатолога і терапевта. Одним з методів дослідження гостроти слуху є аудіометрія. Аудіометрія – це дослідження, що вимірює гостроту слуху, визначає слухову сприйнятливість до звукових коливань різної частоти [14].

Спеціаліст приймаючи рішення щодо працездатності осіб із професійним зниженням слуху, беруть до уваги:

- 1) ступінь втрати слуху;
- 2) супровідні порушення діяльності нервової і серцево-судинної системи;

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3) професію працівника та конкретні умови праці (параметри шуму, наявність можливого впливу інших несприятливих чинників виробничого середовища).

Працездатність у працівників із ураженням слухового аналізатора I та II ступеня зберігається. Вони можуть залишатись на колишній роботі за умови динамічного спостереження за станом слуху – не менше як 1 раз на 12 місяців та обов'язково застосування засобів індивідуального захисту, проведення амбулаторного та санаторно-курортного лікування [38]. Якщо ж ураження слуху супроводжується змінами з боку серцево-судинної системи, то більш доцільно перевести працівника на іншу роботу, не пов'язану із впливом шуму.

У разі втрати слуху III ступеня рішення про переведення на роботу, не пов'язану з впливом шуму, приймають індивідуально:

– кваліфікованого працівника із значним професійним стажем можна залишити на попередній роботі під ретельним наглядом, з обов'язковим застосуванням засобів індивідуального захисту та проведенням амбулаторного лікування;

– якщо зміна слуху сталася через багато років після початку роботи в умовах впливу шуму і процес не має тенденції до прогресування або залишається небагато часу до виходу працівника на пенсію, він може залишатися на своїй роботі, але тільки за умови, що його систематично спостерігатиме отоларинголог [38].

Хворим з утратою слуху IV ступеня, незалежно від часу виникнення захворювання, працювати далі в умовах впливу шуму протипоказано. Такі працівники потребують раціонального перевлаштування або перекваліфікування. Якщо здійснити це неможливо внаслідок похилого віку або наявності супровідних захворювань, їх слід направити на МСЕК для визначення групи інвалідності за професійним захворюванням.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

1.3 Аналіз нормативно-правового регулювання показників шуму в країнах світу

На державному рівні основним документом, який регулює нормативні положення стосовно умов праці є Закон України «Про охорону праці» [21]. Він визначає основні положення стосовно реалізації прав людей на охорону їх життя та здоров'я в процесі виконання трудових обов'язків, на належні, здорові та безпечні умови праці, а також регулює відносини між роботодавцем і працівником шляхом залучення відповідних органів державної влади.

Захист населення, зокрема працівників, регламентований не тільки всередині будівель, в яких знаходяться люди, а й розглядається на рівні захисту територій. Основні положення захисту територій, будинків і споруд від шуму викладені в ДБН В.1.1-31:2013 [17].

Наведені державні будівельні норми встановлюють вимоги стосовно проектування захисту від шуму при забудові територій, а також ще на етапі планування цих територій, при новому будівництві або реконструкції чи ремонту споруд і будинків різного призначення.

Проектування захисту об'єктів будівництва від шуму за ДБН В.1.1-31:2013 передбачає:

а) визначення джерел шуму та характеристик об'єкту, наявних зовнішніх джерел шуму;

б) розрахунок рівнів шуму, які очікуються при створення шуму різними джерелами певного об'єкту на прилеглий території;

в) розрахунок рівнів шуму, які очікуються в приміщеннях і на території об'єкту незалежно від його призначення, при чому враховуються власні шуми, а також наявні зовнішні джерела шуму;

г) визначення необхідно рівня зниження шумів для кожного із джерел об'єкту, що проектується, реконструюється або будується, що впливають на прилеглу територію або власні приміщення;

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

д) розробка комплексу заходів із забезпеченням нормативних рівнів шуму в приміщеннях об'єкту та нормативного режиму шуму на прилеглий території;

е) надання комплексної оцінки звукоізоляції зовнішніх і внутрішніх огорожувальних конструкцій з нормованим рівнем звукоізоляції та, за необхідності, розробка рішень стосовно її приведення у відповідність із регламентованими вимогами.

Вищезазначений ДБН визначає, що нормованим параметром постійного шуму є рівень звукового тиску, при чому в октавних смугах з частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц. У випадку непостійного шуму нормованим параметром є максимальний та еквівалентний рівень звуку, а також враховується еквівалентний та максимальний рівень звукового тиску на вищезазначених частотах [17].

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ, англ. World Health Organization) представляє собою спеціалізовану установу ООН, яка займається проблемами охорони здоров'я в світі. До складу ВООЗ станом на 2020 рік включено 194 країни. Для України співробітництво з ВООЗ є однією з важливих складових забезпечення конституційного права громадян України на охорону здоров'я, медичне страхування та медичну допомогу.

ВООЗ опублікувало документ під назвою Guidelines for Community Noise (Керівництво по шуму у суспільстві) [5]. В цьому документі зазначається, що суспільний шум, який також називається екологічним шумом, шумом в житлових приміщеннях або побутовим шумом, визначається як шум, який виділяється зі всіх джерел, крім шуму на робочому місці. Основними джерелами комунального шуму є автомобільний, залізничний та повітряний транспорт, промислові підприємства, будівельні та суспільні роботи, а також прилеглі території.

ВООЗ відмічає, що в Європейському Союзі приблизно 40% населення підлягає впливу шуму від автомобільного транспорту з еквівалентним рівнем звукового тиску, який перевищує 55 дБА протягом дня, а 20% населення підлягають впливу рівня, який перевищує 65 дБА. Якщо враховувати весь

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

транспортний шум, то по оцінкам ВООЗ, більше половини всіх громадян Європейського Союзу проживає в зонах, які не забезпечують акустичний комфорт для жителів.

В цілому мета та призначення цього документу відповідає український Державним Будівельним Нормам ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. Тому слід проаналізувати відповідність норм в українському документі, який регламентує нормовані показники шумового забруднення територій, із документом ВООЗ. Дане порівняння наведено у табл. 1.3.

Таблиця 1.3. Порівняння нормованих показників шуму для громадських і побутових приміщень

Приміщення	Допустимий рівень еквівалентного шуму, дБА	
	За ВООЗ	В Україні
Відкрита житлова зона	55	55
Житлові приміщення квартир	30	40
Всередині квартир/будинків	35	40
Приміщення шкіл	35	40
Прилеглі до шкіл території	55	-
Лікарні	30	35
Території магазинів, пасажирські зали аеропортів, тощо	70	60

Як видно з табл. 1.3, майже у всіх показниках українські норми по шумовому забрудненню територій допускають вищий допустимий рівень еквівалентного шуму майже у всіх видах приміщень та територіях, при чому відхилення складає 5 дБА. Тільки нормовані показники по шуму на відкритих житлових зонах відповідають тим, що рекомендовані ВООЗ, а на територіях магазинів, пасажирських залів при транспортних сполученнях, тощо, нормативний показник на 10 дБА менший, ніж пропонується ВООЗ. Крім того

слід відмітити, що для деяких видів територій не встановлено нормованих показників шумового впливу, наприклад, для територій, прилеглих до шкіл та інших навчальних закладів освіти.

Можна зробити висновок, що на рівні державного нормативно-правового регулювання нормованих показників шумового впливу на людину основний документ по шумовому забрудненню територій не відповідає рекомендованим нормам Всесвітньої організації охорони здоров'я. Тобто ці документи потребують перегляду.

Слід відмітити, що ДБН В.1.1-31:2013 регламентує лише основні положення стосовно захисту територій, будівель та споруд від шуму, а також у цьому документі наведено нормовані показники шуму та звукоізоляції приміщень громадських та житлових будинків. Основним документом, який є обов'язковим до виконання всіма підприємствами, відомствами, тощо, є ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [20].

Вимоги цього документу повинні враховуватись у стандартах, будівельних нормах, нормативно-правових актах, інструкціях, вказівках, тощо, які регламентують вимоги до обладнання і процесів, що є джерелами шуму в умовах виробництва.

Допустимі еквівалентні рівні звуку на робочих місцях та рівні звукового тиску наведені в табл. 1.4.

Якщо на робочих місцях наявний тональний та імпульсний шум, то нормовані значення слід приймати на 5 дБ менше значення, яке зазначено у табл. 1.5. Не допускається щоб максимально допустимий рівень шуму, який коливається в часі та переривається перевищував значення 110 дБА, в той час як максимальний рівень імпульсного шуму встановлюється на границі 125 дБА.

У випадку розробки для окремих видів діяльності відомчих нормативів, допустимі рівні шуму встановлюються з врахуванням напруженості та важкості праці у відповідності із табл. 1.4.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 1.5. Допустимі рівні шуму для окремих видів трудової діяльності залежно від напруженості праці

Класи, умови та характер праці	Допустима важкість	Шкідлива та небезпечна важкість праці		
		1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь
	Рівень шуму, дБА			
Допустима напруженість	80	До 80	75	До 75
Шкідливість та небезпечність напруженості				
1 ступінь	70	До 70	65	До 65
2 ступінь	60	До 60	-	-
3 ступінь	50	До 50	-	-

Слід порівняти нормовані показники виробничого шуму в Україні та в інших країнах світу. Наприклад, у *Великобританії* основним документом, який встановлює правила контролю шуму на робочих місцях є *The Control of Noise at Work Regulations 2005* [10]. Він вступив в силу для всіх галузей промисловості Великобританії 6 квітня 2006 року (за виключенням музичного та розважального секторів, де вони вступили в силу 6 квітня 2008 року). Мета даних Положень про шум – забезпечити робітників від надлишкового шуму на робочому місці, який може призвести до втрати слуху та/або тинітису (постійному дзвону у вухах). Правила контролю шуму на робочому місці від 2005 року прийшли на заміну Правилам контролю шуму на робочому місці 1989 року.

Рівень, при якому роботодавець зобов'язаний забезпечити захист слуху та зони захисту слуху складає 85 дБА (середньодобова або середньотижнева дія), а рівень, при якому роботодавець повинен оцінити ризик для здоров'я робітників та надати їм інформацію та навчання складає 80 дБА. Існує також граничне

значення впливу у 87 дБА, з врахуванням будь-якого зниження впливу, який забезпечується засобами захисту слуху. Робітники не повинні підлягати вищому рівню шумового впливу. Граничні значення впливу шуму на працівників у Великобританії наведені у табл. 1.6.

Таблиця 1.6. Нормовані значення впливу шуму на працівників у Великобританії

Час дії	Нормовані значення шуму, дБ		
	Нижнє	Верхнє	Граничне
Щотижневий шум	80	85	87
Щоденний шум	80	85	87
Піковий звуковий тиск	135	137	140

Якщо вплив шуму на працівника помітно змінюється з кожним днем, роботодавець може використовувати тижневий особистий вплив шуму замість щоденного особистого впливу шуму з метою дотримання вищезазначених правил. При використанні граничних значень повинен враховуватись захист, який надається працівнику будь-якими індивідуальними засобами захисту слуху.

Існують різні нормативні акти, які регулюють допустимі рівні шуму на робочих місцях. В Європі шум на робочому місці регламентується Директивою ЄС 2006/42/ЄС, а в США – стандартом OSHA 1910.95 Occupational Noise Exposure. OSHA – це абревіатура Адміністрації з охорони праці та здоров'я, яка представляю собою федеральне агентство, відповідальне за виконання законодавства з охорони праці та здоров'я в США. Існують також країни, в яких діють більш жорсткі національні стандарти, ніж установлені директивами ЄС або OSHA.

Директива ЄС повинна усувати ризики, пов'язані із впливом шуму в самому джерелі. Вплив шуму повинен знижуватись настільки, наскільки це можливо з врахуванням технологічного прогресу та можливостей контролю

шуму в джерелі звуку. Зниження шуму в джерелі найчастіше являється найбільш ефективним та економічним способом.

Якщо зазначені норми перевищені, необхідно визначити причину, а також розробити та реалізувати графік програми дій. Робітники повинні отримувати адекватну інформацію стосовно перевищених рівнях та прийнятих заходах. Також повинна надаватись інформація про ризик втрати слуху, який може виникнути в результаті впливу шуму, а також про обов'язок носити засоби захисту слуху.

Європейська директива 2003/10/ЕС визначає максимальний рівень як 87 дБА для восьмигодинного робочого дня. У випадку, якщо національне законодавство встановлює більш низький рівень шуму, ніж Директива ЄС, необхідно слідувати саме національному стандарту.

OSHA 1910.95 встановлює границі впливу шуму на робочому місці та даний нормативний документ діє на всі штати США. Ці границі засновані на середньозваженому значенні для робітника протягом восьмигодинного робочого дня. OSHA встановлює максимально допустимий рівень впливу в 90 дБА для всіх, хто працює 8 годин на день.

Національний інститут охорони праці та здоров'я (NIOSH) в США рекомендує, щоб еквівалентний рівень шуму, якому підлягає робітник, був обмежений 85 дБА протягом 8 годин робочого дня щоб мінімізувати ризик пошкодження слуху. На основі оновлених літературних досліджень NIOSH встановив, що значна втрата слуху може виникнути навіть при рівнях, які відповідають граничному рівню OSHA [6].

Проаналізувавши ряд нормативних документів різних країн та України, які регламентують нормовані показники виробничого шуму на робочих місцях, було створено зведену таблицю для узагальненого порівняння (табл. 1.7). Якщо у випадку захисту територій від шуму українські нормативні документи не відповідають всесвітнім нормам, то у випадку виробничого шуму ситуація протилежна.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

2 МЕТОДИ ЗАХИСТУ ПРАЦІВНИКІВ ВІД ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ШУМУ

2.1 Статистика шкідливого впливу шуму на працівників у різних країнах світу

Для більш точного розуміння проблеми впливу шуму на працівників необхідно провести аналіз статистичних даних по декільком країнам світу, не обмежуючись при цьому даними по Україні.

У *Сполучених Штатах Америки* за проведення досліджень та розробки рекомендацій з метою запобігання професійних захворювань та нещасних випадках в умовах виробництва відповідає федеральна організація Національний інститут охорони праці (National Institute of Occupational Safety and Health – NIOS).

Даний інститут, на відміну від Управління по охороні праці OSHA (Мінпраці США), не розробляє стандарти з охорони праці, не є регульованою організацією. В його повноваження входить розробка рекомендацій для створення обов'язкових для виконання роботодавцями стандартів з охорони праці, а також збір статистичної інформації стосовно впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

За даними дослідження NIOSH [8] стосовно впливу шкідливого шуму на працівників встановлено, що:

- приблизно 25% всіх працівників у США піддаються впливу небезпечному шуму, при чому 14% (22 мільйони працівників) – протягом останнього року;
- 53% відсотки працівників, які працюють в умовах підвищеного шуму не носять засоби індивідуального захисту слуху;
- приблизно 12% всіх робітників мають проблеми зі слухом;
- близько 8% всіх робітників відчувають постійний шум у вухах;
- 16% робітників мають суттєві порушення слуху;
- у 15% працівників наявні порушення слуху на обидва вуха.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Функцію підтримання високих стандартів з охорони праці та техніки безпеки у *Великобританії* виконує Інститут по техніці безпеки та охороні здоров'я (Institution of Occupational Safety and Health - IOSH). За результатами досліджень IOSH встановлено, що втрата слуху, викликана шумом є найбільш поширеним професійним захворюванням в Європі.

У Великобританії нараховується близько 10 мільйонів людей (приблизно кожен шостий) з тим чи іншим порушенням слуху. Більше мільйону працівників піддається впливу рівню шуму, який ставить їх слух під загрозу, при чому 17% страждають втратою слуху, шумом у вухах або іншими захворюваннями, в результаті впливу підвищеного рівню шуму на роботі.

IOSH відзначають, що [7]:

- 20% європейських робітників вимушені підвищувати голос, щоб їх почули під час роботи;
- 35% робітників повідомили, що піддаються впливу шуму високого рівня, серед них 11% - постійно.

Розглядаючи питання відсотку робітників, які в процесі своєї трудової діяльності підлягають шкідливому впливу шуму, результати досліджень IOSH показали, що впливу шуму підлягають:

- 1,06 мільйони працівників у частині Африки, південніше Сахари;
- Європа – 28% робітників;
- Бельгія – 25%;
- Чеська Республіка – 55,5%;
- Данія – 30%;
- Німеччина – 20%;
- Нідерланди – 17%.

Статистичне управління *Канади* забезпечує канадців ключовою інформацією стосовно економіки, суспільства та навколишнього середовища, необхідній їм для ефективного функціонування в якості громадян та осіб, які приймають рішення [3]. По оцінкам у Канаді 11 мільйонів канадців, що складає

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

43% населення, у віці між 19 та 79 роками працювали в шумному середовищі, що вимушувало їх підвищувати голос на роботі.

Серед людей, які працювали в шумному середовищі, 6,1 мільйони (56%) були класифіковані як вразливі до шуму – вони не були зобов'язані використовувати засоби індивідуального захисту слуху та робили це лише інколи, рідко або взагалі ніколи. По оцінкам 54% робітників, вразливих до шуму на робочому місці, відчували шум у вухах.

Китайські вчені [2] провели огляд професійної тугоухості, викликаною шумом, серед робітників. Їх дослідження включило в себе обробку статистичної інформації по 1230 документам в період між 2000 та 2020 роками. За результатами їх дослідження було встановлено, що вади слуху в результаті роботи в шумних умовах мають:

- 28% робітників у Франції;
- 10,3% працівників у Норвегії;
- 21,5% у Гані;
- 14,1% працівників у Південній Африці;
- 37% робітників у Зімбабве;
- 44% працівників у Непалі;
- 22,8% робітників у Тайланді;
- 28,8% робітників у Китаї.

Державна служба статистики України щорічно публікує статистичний збірник, який охоплює низку важливих статистичних даних стосовно кількості працівників, мобільності робочої сили на ринку праці, використання робочого часу та неповної зайнятості, заробітної плати працівників, стану виплати заробітної плати, умов праці, колективних договорів, трудових спорів та страйків, тощо [18].

За результатами проаналізованої статистичної інформації встановлено, що по відношенню до розподілу по статі кількість працівників в Україні, зайнятих на роботі із шумними умовами праці за 2019 рік становить 18% серед жінок та 82% серед чоловіків.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Результати статистичної інформації по впливу шуму на працівників по областях України наведені у табл. 2.1, а по видах економічної діяльності – у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1. Умови праці працівників по регіонах у 2019 році – вплив виробничого шуму

Регіон	Перевищення гігієнічних нормативів у % до облікової кількості працівників	Регіон	Перевищення гігієнічних нормативів у % до облікової кількості працівників
Вінницька	11,2	Миколаївська	13,6
Волинська	13,7	Одеська	14,5
Дніпропетровська	28,2	Полтавська	20,2
Донецька	26,1	Рівненська	24,2
Житомирська	10,5	Сумська	13,5
Закарпатська	2,0	Тернопільська	8,8
Запорізька	27,1	Харківська	12,2
Івано-Франківська	13,1	Херсонська	8,4
Київська	12,8	Хмельницька	15,5
м. Київ	14,4	Черкаська	14,0
Кіровоградська	13,0	Чернівецька	5,7
Луганська	14,8	Чернігівська	8,7
Львівська	14,8	Загалом по Україні	17,3

Як видно з табл. 2.1 в цілому по Україні серед зайнятих в умовах перевищення гігієнічних нормативів за таким шкідливим виробничим



Рисунок 2.1 – Аналіз кількості працівників, що підлягають впливу виробничого шуму по країнам світу

2.2 Методи розрахунку виробничого шуму

В даний час використовують два методи вимірювання шуму. В обох методах використовується прилад під назвою шумомір (рис. 2.2). Слід відмітити, що не кожен прилад, який вимірює звук, здатен вимірювати шум. В Європейських країнах вимірювання шуму виконується у відповідності із стандартом ІЕС 61672-1. В інших країнах можуть використовуватись інші шумоміри, на які діють окремі стандарти кожної країни, але всі зазначені стандарти слідують вимогам Міжнародної електротехнічної комісії (організація в сфері електронних, електричних та суміжних технологій).

Шумоміри мають порівняно не складну конструкцію, якщо порівнювати їх з високотехнологічними електричними приладами. В центрі конструкції знаходиться мікрофон, мембрана якого коливається від звукових хвиль. Знятий з мембрани сигнал пропускається через декілька фільтрів і поступає в індикаторний прилад, який облаштований як вольтметр. Рівень шуму, що

створюється, відповідає рівню напруження електричного струму в приладі. В зв'язку з цим показник електричного сигналу повністю відповідає тому, наскільки гучним є створюваний звук. Механічна шкала та електронний циферблат виводять показники гучності в децибелах [41].



Рисунок 2.2 – Вимірювач шуму та вібрацій ВШВ 003-М2

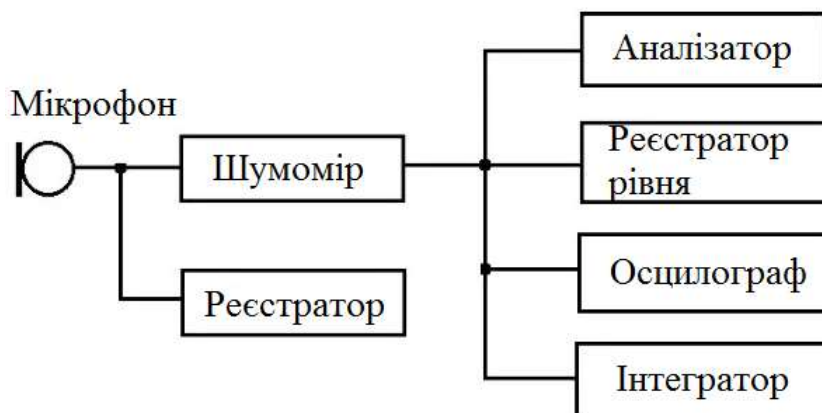


Рисунок 2.3 – Принципова схема шумоміру

Вимірювач шуму моделі ВШВ-003-М2 представляє собою портативний та малогабаритний прилад, призначений для вимірювання не тільки шуму, а й вібрацій. Технічні характеристики цього шумоміру наведені в табл. 2.3. Він призначений для [26]:

- вимірювання рівню шуму з частотними характеристиками А, В, С;

- вимірювання рівню звукового тиску (діапазон частот 2 Гц...18 кГц);
- вимірювання октавних смуг у вказаному діапазоні частот у вільному та дифузійному полі;
- вимірювання середніх квадратичних значень віброшвидкості та віброприскорення.

Таблиця 2.3. Технічні характеристики шумоміру ВШВ-003-М2

Характеристика	Значення
Діапазон вимірювання рівню звуку	0...140 дБ
Діапазон частот звуку	2...18000 Гц
Клас точності	1
Потужність, що споживається	5 ВА (від 220 В) або 1 ВА (від батареї)
Тривалість безперервної роботи	8 годин
Середнє напрацювання на відмову	Не менше 12000 годин
Маса	6 кг
Розміри	280 x 100 x 240 мм
Основні відхилення у вимірюванні параметрів вібрації	± 10
Основні відхилення у вимірюванні параметрів шуму (клас точності)	1

Якщо розглядати шумомір більш детально, то можна виділити його основні складові частини: ненаправлений мікрофон, підсилювач, фільтри, детектор, інтегратор, індикатор. Наявність фільтрів дозволяє відсікти від вимірювань показники звукових хвиль, які не сприймаються людським вухом. Це дає можливість проводити більш об'єктивну та точну оцінку, орієнтуючись при цьому по тим показникам, які дійсно впливають на оточуючих людей. Звуки, які не сприймає людське вухо, відсіюються за допомогою таких фільтрів [42].

Позначення фільтрів А, В, С, D є офіційними та зустрічаються у всіх шумомірах, незалежно від виробника. Фільтр А необхідний для формування частотної характеристики шумів низького рівня звукового тиску, В – для середнього рівня, С – високого рівня, D – особливий фільтр, який зустрічається доволі рідко та необхідний для формування частотних характеристик вкрай високого рівня [41].

На даний момент використовується два види фільтрів – А та С. Перший необхідний для стандартної роботи приладу, наприклад, на виробництві або в транспорті, а другий необхідний для замірів критичних рівнів шуму. Фільтр В, так само як і фільтр D на сьогоднішній день практично не застосовується.

Слід також відзначити, що шумомір здатен вимірювати не тільки інтенсивність звуку, а й його швидкість. Так за допомогою цього приладу можна визначити постійні шуму, імпульсні звуки, а також шуми, що коливаються або перериваються. Для першої категорії існує стандартне позначення F (швидкий звук), для другої I (імпульсний звук), а для третьої – S (повільний звук).

Всі шумоміри поділяються на класи. Клас 0 – це прилад найвищого рівня. Саме він вважається еталонним, оскільки дає найбільш точні показники. Його діапазон – від 20 Гц до 18 кГц. Шумоміри такого класу використовуються вкрай рідко по причині їх високої вартості [42].

1 клас шумомірів також дає високу точність показань, оскільки володіє таким же діапазоном. Хоча він дещо простіший, ніж попередній варіант. Використовуються такі шумоміри в основному при лабораторних дослідженнях, а також для натуральних вимірювань. Вони дозволяють проводити досліди та експерименти з мінімальними похибками, за що дуже цінуються в науковому середовищі.

2 клас вважається найбільш поширеним. Його використовують майже всюди, наприклад, на виробництвах або будівельних майданчих. Саме цей різновид шумоміру підходить для будь-яких технічних вимірювань. Діапазон цього класу вже трошки менший – від 20 Гц до 8 кГц.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

де t_i – тривалість дії шуму з рівнем звуку L_{Ai} .

Приклад. На робочому місці за допомогою шумоміра та хронометричного спостереження встановлено, що шум з рівнем звуку $L_{A1} = 115$ дБА спостерігався протягом 3 годин, з рівнем $L_{A2} = 100$ дБА – протягом 2 годин, з рівнем $L_{A3} = 95$ дБА – протягом 3 годин. Тоді відповідно до наведеної вище формули еквівалентний рівень звуку за 8 годин:

$$L_{A \text{ екв}} = 10 \lg \frac{3 \cdot 10^{0.1 \cdot 115} + 2 \cdot 10^{0.1 \cdot 100} + 3 \cdot 10^{0.1 \cdot 95}}{3 + 2 + 3} = 111 \text{ дБА.}$$

При вимірюванні шуму другим методом використовують шумомір і комплект октавних фільтрів. За допомогою фільтрів у шумі виділяють октавні смуги – частотні смуги, в яких верхня частотна границя f_s в 2 рази більша за нижню f_n . Описаний метод є основним для вимірювання постійного шуму і дозволяє отримати так званий частотний спектр шуму – залежність рівня звукового тиску від частоти. Спектр шуму подають у вигляді графіка $L = L(f)$ (рис. 2.5).

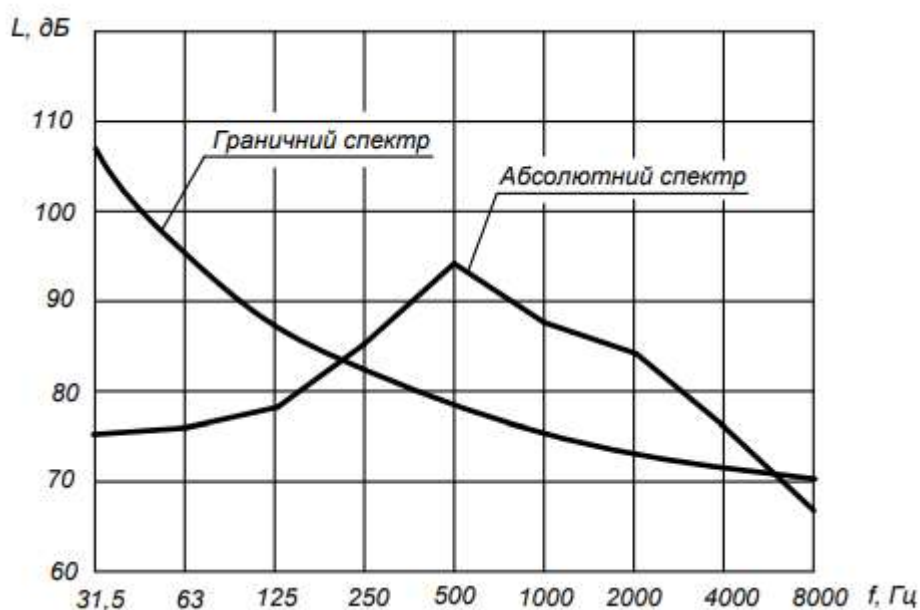


Рисунок 2.5 – Абсолютний та граничний спектр шуму

Визначення еквівалентного рівня звуку непостійного шуму використовуючи звичайних шумомір представляє собою трудомістке та складне завдання, оскільки потребує вимірювань не лише рівню шуму, а й проміжків часу, протягом яких спостерігались вказані рівні шуму [30].

2.3 Методи захисту від шуму та види індивідуального захисту працівників

Загальна класифікація засобів захисту від шуму наведена у документі ГОСТ 12.1.029-80 «ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация». Джерела шуму за фізичною природою шуму поділяють на джерела механічного, аеродинамічного, гідродинамічного та електромагнітного шуму. Залежно від характеристик джерела шуму вибираються ЗІЗ та СКЗ. У першу чергу повинні застосовуватися СКЗ, які підрозділяється на засоби, що знижують шум на шляху його виникнення і засоби, що знижують шум на шляху його поширення (від джерела виникнення і до об'єкта, що захищається).

Існує декілька заходів та методів колективного захисту від шуму в залежності від способу його реалізації: архітектурно-планувальні методи, акустичні засоби та організаційно-технічні методи.

Архітектурно-планувальні заходи полягають у раціонального розміщенні окремих будівель та їх частин (до прикладу, цехів). Наприклад, виробництва з показниками рівня звукового тиску більше 90 дБ повинні розміщуватися в ізольованих приміщеннях або будівлях. В таких будівлях ізоляція планується навіть на етапі закладання фундаменту, в якому використовуються акустичні розриви, розташовані по периметру будівлі. Не слід забувати про захист території від шумового впливу цехів та інших будівель із високим рівнем шуму. В такому випадку озеленення території навколо будівлі та її відокремлення такими зеленими перегородками також буде виступати в ролі захисту від шуму [24].

Одним із видів *організаційних* методів захисту від шуму є раціональне та обґрунтоване розміщення робочого обладнання, наприклад, об'єднання

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

обладнання та верстатів за ступенем шуму, який вони випромінюють. Крім того, до таких методів можна віднести планування часу роботи обладнання з найбільшими рівнями шуму, тобто максимальне збільшення тривалості їх роботи в ті часи, коли в приміщенні знаходиться мінімально можлива кількість робітників. Одним із видів захисту працівників від шуму є захист часом, який полягає в максимально можливому скороченні робочого часу в умовах з надлишковим шумом [22].

Інженерно-технічні засоби захисту полягають в зменшенні шуму у джерелі його виникнення. Цього можна досягти шляхом заміни певних технологічних процесів, підбору параметрів виконання цих процесів, тощо. Також своєчасне технічне обслуговування машин і механізмів теж виступає одним із видів інженерно-технічних засобів захисту, оскільки змашування, застосування прокладок, тощо, призводить не тільки до покращення ефективності роботи машини чи механізму, а й до зменшення рівня шуму, яке випромінює обладнання. Наступним видом захисту від шуму є зміна направленості випромінювання [37].

До *акустичних* методів захисту від шуму належить велика кількість, але основними серед них є:

- використання звукоізоляції у вигляді екранів, кожухів, кабін спостереження, огорожень, тощо;
- покриття поверхні, що випромінює звук, спеціальними матеріалами з внутрішнім тертям, тобто демпфування;
- облицювання огорожувальних конструкцій (стін, стелі, підлоги приміщення, в якому поширюється звук) звукопоглинаючими матеріалами;
- створення так званого «антизвуку», який представляє собою рівний за величиною, але протилежний за фазою звук, і, як наслідок, інтерференція звуку приводить до створення зон тиші;
- застосування шумоглушників для захисту від шуму (особливо в вентиляційних установках, компресорах, пневматичних машинах, тощо).

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

У випадку коли колективні методи захисту працівників від шуму не дозволяють знизити рівень шуму до нормативного допустимого значення, застосовуються індивідуальні методи захисту від шуму, тобто використання засобів індивідуального захисту слуху. ЗІЗ регламентуються нормативним документом ГОСТ 12.4.051-78 “ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов слуха. Общие технические условия” та бувають наступних видів.

Засоби індивідуального захисту від шуму.

1. Протишумові вставки (беруши). На ринку ЗІЗ протишумові вставки представлені в асортименті різних форм та розмірів, на текстильному або пластиковому шнурі (рис. 2.6, б), одноразового (рис. 2.6, а) або багаторазового використання. Одноразові беруши виготовляються із вспіненого поліуретану, їм характерна чарункова структура, яка полегшує установку у вухо [33].



Рисунок 2.6 – Види беруш:
а – звичайні; б – на шнурку

Вкладиші на ободку мають багаторазове використання. Їх зручно знімати та залишати на шиї як навушники. Шнур може бути виготовлений з пластику або текстилю. Багаторазові беруши є більш економічним рішенням, їх можна піддавати очистці з наступною промивкою проточною водою. Виготовляються з різних матеріалів, наприклад, з ПВХ, поліуретану, поліпропілену, вати, силікону, воску, каучуку. При екстремальному рівні шуму носіння протишумових вставок можна комбінувати з навушниками.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Ефективність протишумових вставок визначається SNR – коефіцієнтом шумозаглушення. Рівень шумозаглушення берушей в залежності від матеріалу та виробника коливається від 20 до 40 дБ. Протишумові вставки відрізняються також і формою. Широкого поширення набула форма конусу та конусу з Т-подібним наконечником. Розширення у основи перешкоджає занадто глибокому входу беруш у слуховий канал [22].

Комфорт носіння берушей визначається по наявності наступних характеристик:

- розмір та форма виробу;
- м'якість або жорсткість матеріалу;
- колір;
- можливість чистки та повторного використання;
- наявність або відсутність шнура.

У кожної марки протишумових вставок різних виробників є свої унікальні особливості, які необхідно приймати до уваги при виборі засобів індивідуального захисту слуху.

Для використання засобів індивідуального захисту слуху (ЗІЗ) у виробництві вони повинні бути сертифіковані та в стандарті визначені вимоги до беруш. Але на практиці їх ефективність значно менша лабораторної, яка найчастіше показана в каталогах. В науково-дослідному інституті медицини праці вважають, що ефективність ЗІЗ органів слуху відрізняється від лабораторного показника майже вдвічі. Результати їх досліджень по берушам наведені на рис. 2.6.

2. Протишумові навушники. Використовуються для захисту вух від впливу шуму. Можуть використовуватись як окремо, так і в поєднанні з захисною каскою або шоломом, а при екстремальних рівнях шуму можна поєднувати із берушами.

Протишумові навушники складаються з слухових чаш (амбушюр) та оголовку. Чаші набиті звукоізоляційним матеріалом, найчастіше для цього

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

використовується вспінений поліетилен. Оголовок передбачений для зручної фіксації навушників, він може бути:

- стандартного типу;
- складений;
- регульований;
- з кріпленням до каски або шолому.

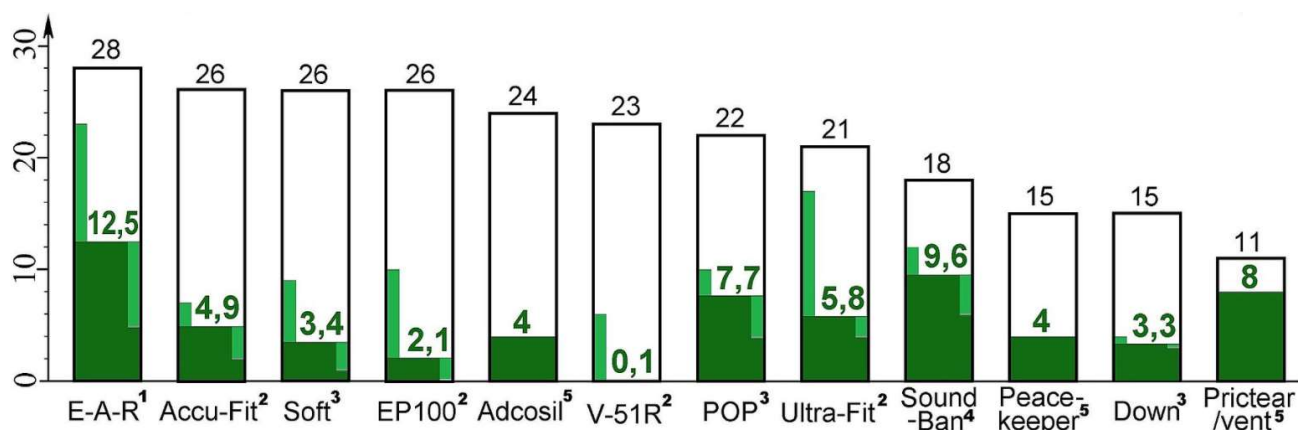


Рисунок 2.6 – Послаблення шуму берушами (зверху – в лабораторії при сертифікації; знизу – реальне): 1 – еластичні вспінені; 2 – попередньо виготовлені; 3 – з скловолокна; 4 – ті, що закривають лише вхід у вушний канал; 5 – виготовлені під конкретний вушний канал

По принципу дію поділяються на:

- пасивні, які максимально щільно прилягають до голови;
- активні, які подавляють гучні звуки, але не оснащені чутливими мікрофонами, які дозволяють спілкуватися з іншими робітниками, уловлювати сигнали небезпеки.

Для правильного підбору навушників для захисту слуху необхідно враховувати наступні фактори:

- навушники повинні виготовлятися із безпечних сертифікованих матеріалів, які підходять для регулярного очищення, не викликають алергічних реакцій;

- не повинні мати будь-яких гострих кутів та зовнішніх пошкоджень, максимально щільно прилягати до голови, не залишаючи при цьому зазорів;
- заміна змінних ущільнювачів або вкладишів повинні виконуватись без використання будь-яких допоміжних інструментів;
- всі навушники повинні пройти необхідні дослідження, щоб відповідати вимогам нормативних документів [13].

Додатково при виборі протишумних навушників необхідно враховувати їх акустичну ефективність:

- 1 клас, вироби якого поглинають звуки до 98 дБ;
- 2 клас – до 105 дБ;
- 3 клас – до 110 дБ.

При покупці захисних навушників необхідно приймати до уваги їх подальшу сферу використання та конкретні параметри рівню шуму на робочому місці. По-друге, необхідно враховувати розмір та вагу навушників, щоб вони не створювали дискомфорту протягом всього робочого дня.

Як і у випадку з протишумовими вставками, ефект від використання навушників на практиці значно слабший, ніж той, що вказується в рекламних каталогах (рис. 2.7). Реальна ефективність навушників на 10-15 дБ менше лабораторної. Оскільки вимірювання послаблення шуму в лабораторії при сертифікації ЗІЗ проводять з частотною характеристикою С, то американські спеціалісти рекомендують для оцінки послаблення шуму при використанні ЗІЗ органів слуху спочатку отримати його коефіцієнт відносного послаблення NRR з корекцією по шкалі А, потім відняти з цього значення 7 дБ, а далі поділити результат навпіл. Отримане значення коефіцієнту послаблення шуму можна відняти із зміненого рівня шуму, щоб оцінити, чи здатний даний засіб захисту слуху забезпечити зниження до допустимого значення. Наприклад, при $NRR = 37$ дБ та рівні 105 дБ, результат буде становити 90 дБ, тобто ефективність недостатня.

Було проаналізовано ряд доступних на ринку протишумових навушників, в результаті чого було виокремлено найкращі пасивні навушники для захисту

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

органів слуху людини. Серед пасивних навушників, які не мають ніякої технологічної начинки, а володіють тільки пасивною звукоізоляцією було виокремлено 5 найкращих видів навушників.

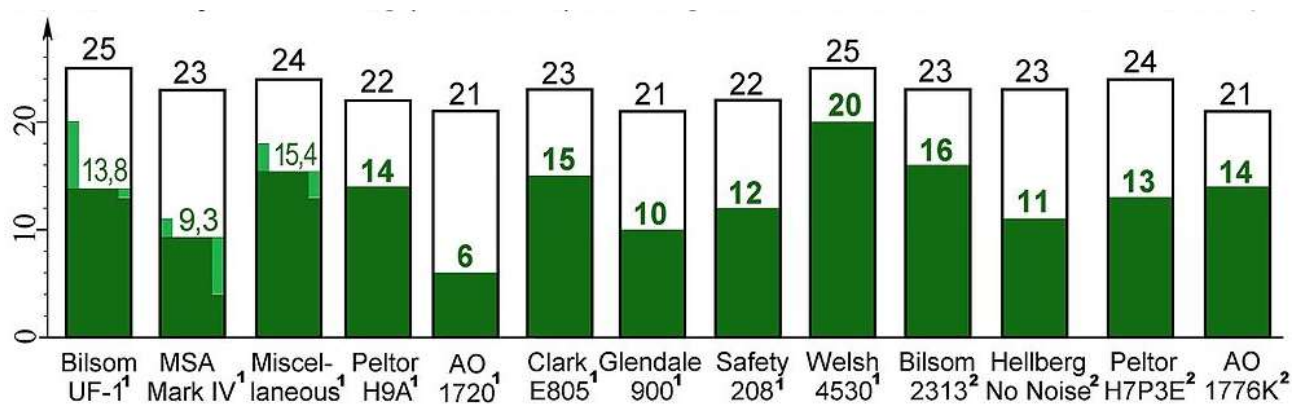


Рисунок 2.7 – Послаблення шуму навушниками (зверху – в лабораторії при сертифікації; знизу – реальне): 1 – навушники; 2 – чашкоподібні навушники

1. ЗУБР 11370 – промислові будівельні навушники. Вартість 10 \$ (270 гривень). Відрізняються складною конструкцією та мають оголовок із самостійним регулюванням (рис. 2.8, а), тобто їх не треба підлаштовувати під розмір голови. Акустична ефективність – 30 дБ, допустимий рівень шуму – 105 дБ. Кріплення на каску відсутнє [34].

До переваг цього виду навушників відносяться:

- якісна шумоізоляція;
- складна конструкція із забезпеченням високого рівня компактності;
- відсутність необхідності налаштовувати за розміром;
- порівняно низька вартість.

Серед недоліків слід відзначити лише один – відсутність можливості регулювання під розмір голови. ЗУБР не розраховані на великі за розміром голови, тому можуть сильно тиснути та підійдуть не всім працівникам [35].

2. Kraftool Expert 11362 (рис. 2.8, б) – звуконепроникні. Вартість 10 \$ (270 гривень). Акустична ефективність на рівні 29 дБ, складний оголовок. Достатньо універсально звуконепроникні навушники [25].

До переваг цих навушників слід віднести те, що вони забезпечують захист від шуму на високому рівні, а в деяких випадках взагалі звуконепроникні. Оголовок у навушників легко налаштовується та порівняно м'який. В складеному виді вони доволі компактні.



Рисунок 2.8 – Найкращі пасивні навушники:

- а) ЗУБР 11370; б) Kraftool Expert 11362; в) СОМ-3 Ягуар; г) Howard Thunder T1F; д) 3М Peltop Optime 1

Серед недоліків слід відзначити те, що вони достатньо тугі, людині доволі важко знаходитись в них більше 3-4 годин. Крім того, оголовок достатньо крихкий, може зламатися через декілька місяців після використання, а обшивка оголовку не дуже зносостійка [35].

3. Howard Thunder T1F – доволі дорогі захисні протишумні навушники, яким властива якісна збірка та зручна посадка. Існує декілька версій з

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

акустичною ефективністю від 25 до 30 дБ. Також випускаються варіанти на каску. У базовій комплектації шумозниження сягає 25 дБ. Навушникам характерна складна конструкція, за рахунок чого вони легко складаються (рис. 2.8, г). Існує запас за розміром, підійдуть навіть для людей із великою головою. Достатньо надійні та зносостійкі, в середньому вистачає на декілька років активного використання [25].

До недоліків цих навушників можна віднести те, що якщо робітник потіє в процесі роботи, то амбушюри можуть ковзати. Крім того, при поворотах голови інколи може відчуватись нестача шумоізоляції, якщо посадка до цього не була ідеальною. Також вартість можна віднести до недоліків. Ціна таких навушників складає 40 \$ (приблизно 1000 гривень). Існують дешевші аналоги з такою ж акустичною ефективністю. Але слід враховувати, що вони ергономічно зручні, тому вартість може бути виправдана.

4. 3М Peltor Optime 1 – звукопоглинаючі навушники від шуму, вартість яких становить 20 \$ (приблизно 650 гривень). Акустична ефективність 27 дБ, рекомендовані умови роботи – до 80 дБ. Компактні, легко розбираються (рис. 2.8, д) із простим, але ефективним механізмом складання. Оголовок стандартний за розміром, тому, якщо робітнику підійшов такий розмір, то навушники не потребують регулювання [1]. Дуже легко розбираються, можна помити або замінити частини (за необхідності). До недоліків можна віднести лише неможливість регулювання навушників.

5. СОМЗ-1 Ягуар (рис. 2.8, в) – базова модель з тонкою дужкою, вартість якої становить 5 \$ (135 гривень). Існує також варіант СОМЗ-5 Штурм з кріпленням на каску. Пониження шуму середнє, на рівні 27 дБ. Обидві моделі зроблені з якісних матеріалів [29].

До недоліків таких навушників можна віднести те, що варіант Штурм по специфікації підходить лише на певний тип захисних касок. Дужка у цих навушників дуже зручна, але крихка, тобто може зламатися при активному використанні [35].

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Якщо співставити вищенаведені характеристики навушників із пасивним захистом, можна зробити висновок, що найкращим вибором по співвідношенню ціна/якість будуть навушники 3M Peltor Optime 1.

2.4 Інноваційні шумоізолюючі та шумопоглинальні матеріали

Аналогічно до вибору засобів індивідуального захисту працівників від шуму, було проаналізовано різні види сучасних звукоізоляційних матеріалів, які можна використовувати для створення звукопоглинання та звукоізоляції в шумних виробничих приміщеннях як один із методів колективного захисту працівників від негативного впливу виробничого шуму.

1. Продукція виробника МаксФорте [40]. Виробник Максфорте пропонує широкий вибір інноваційних звукоізоляційних матеріалів, розроблених у співпраці із вченими акустичного фізичного факультету МГУ. Ці матеріали пройшли дослідження в інститутах будівельної фізики та науково-дослідному інституті віброакустики.

Асортимент їх продукції дозволяє виконати якісну звукоізоляцію композитними матеріалами як житлових будинків, так і громадських і виробничих будівель. До асортименту включені наступні види звукоізоляційних матеріалів: ЕКОплита, Standart, Екопанель, Екоакустик, ШумоІзол. Відрізняються вони сферою застосування та деякими технічними характеристиками, але однакові безпечні в екологічному сенсі та допущені без обмеження для використання в громадському та виробничому будівництві.

Максфорте ЕКОплита (рис. 2.9) призначена для шумоізоляції приміщень з великим показником тиску звуку. Рівень шумопоглинання по індексу NRC складає всього 0,92 одиниці (товщина шару 50 мм, при 100 мм – 0,95 одиниць). Виготовлений шумоізолятор з вулканічних мінеральних порід без додавання фенолів, формальдегіду або інших речовин, що зв'язують, а також не містить токсичних речовин. При нагріванні до високої температури матеріал не виділяє запахів та речовин, які здатні викликати алергічні реакції [36].

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

ЕКОплита не горить та не підтримує горіння, захищає приміщення від втрат тепла, стійка до підвищеної вологості, має високий показник біологічного захисту від шурів, плісняви та грибків. Вартість ЕКОплит наближається до аналогічного шумоізолятора з мінеральної вати, але за багатьма показниками випереджає його. Монтаж ЕКОплит виконується як ззовні, так і всередині приміщень, зовнішнє облицювання проводять штукатуркою, сайдингом, вагонкою, гіпсокартоном. Технічні характеристики наведені у табл. 2.4.



Рисунок 2.9 – ЕКОплита



Рисунок 2.10 – Максфорте Standart

Таблиця 2.4. Технічні характеристики Максфорте ЕКОплита

Характеристика	Значення
Розміри, м	1 x 0,6 x 2 – 0,3
Вага елемента, кг	7
Об'єм плити, м ³	0,12
Площа плит в упаковці, м ²	2,4
Робоча температура, °С	-260...+900
Строк зберігання	необмежений
Клас горючості	НГ

Standart. Рулонний матеріал Standart (рис. 2.10) відрізняється низькою звукопроникністю з високим рівнем звукоізоляції, що визначає його застосування в приміщеннях з підвищеними вимогами до акустики. При ізоляції стін в будівлях з великою кількістю перегородок та несучих конструкцій, він

забезпечує практично повну ізоляцію від вуличних шумів та звуків із сусідніх приміщень.

Також МаксФорте Standart володіє високим рівнем гідро- і теплоізоляції. Така комбінована дія у поєднанні із простотою монтажу забезпечує високу затребуваність матеріалу в житловому та промисловому будівництві всіх рівнів. Матеріал не горить (відноситься до групи Г1), не виділяє шкідливих речовин, не взаємодіє з цементом, гіпсом, вапном та іншими компонентами будівельних матеріалів [40].

Виготовляється Standart на каучуковій основі, товщина його складає всього 12 мм. Еластичність та легкість дозволяються максимально ефективно ізолювати складні архітектурні конструкції без відчутного впливу на внутрішній об'єм приміщення. Використовується матеріал ззовні та всередині приміщень на стінах та перекриттях, допускається його облаштування в системі панельно-променевого опалення. Технічні характеристики матеріалу наведені в табл. 2.5.

Таблиця 2.5. Технічні характеристики Максфорте Standart

Характеристика	Значення
Розміри, м	6 x 1,4 x 0,012 м
Площа рулону, м ²	8,4
Індекс зниження ударного шуму, дБ	47
Рівень зниження повітряного шуму, дБ	0,8
Індекс поглинання звуку	0,45

МаксФорте Екопанель (рис. 2.11). Представляє собою багатошарову конструкцію, заповнену всередині сухим кварцовим піском, поглинає звуки всього спектру, який чує людина, в тому числі найнижчі за частотою. Індекс звукоізоляції складає 48 дБ. За рахунок пісочного наповнювача важка конструкція не тільки виключає можливість виникнення резонансу, але й мінімізує відображення звукових хвиль [40].

Призначення панелей полягає у звукоізоляції стін та перекриттів, монтажу перегород, в тому числі мобільних. Порівняно невелика товщина всього у 12 мм забезпечує таку ж саму звукоізоляцію, як і шар рулонних матеріалів до 50-100 мм. Велика власна жорсткість спрощує монтаж. Міцний багат шаровий каркас із матеріалів, які містять целюлозу, та тверда обшивка роблять Екопанелі самостійним конструкційним матеріалом. Технологія монтажу схожа із монтажом гіпсокарту. Технічні характеристики наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.11 – Екопанель



Рисунок 2.12 – ЕкоАкустик

Таблица 2.6. Технические характеристики Максфорте Екопанель

Характеристика	Значения
Размер листа, мм	1200 x 800 x 12
Вага, кг/м ²	19,7
Поглинання ударного шуму, дБ	33
Зниження повітряного шуму, дБ	48
Опір на стиск, кг/м ²	≥ 1000

Застосовується Екопанель Максфорте у вигляді цільних конструкцій для обшивки стін та стель, установки під підлогові покриття, а також у вигляді окремих фрагментів – для ізоляції звукових колонок, дверей, кожухів стаціонарних машин.

Максфорте Екоакустик (рис. 2.12). Матеріалом для виготовлення цього звукопоглинального матеріалу слугує поліестер – похідна полієфіру у вигляді волокон. Зазвичай для їх з'єднання та надання форми використовуються різноманітні смоли та синтетичні матеріали, що зв'язують. Але в Акустик використовується інноваційна технологія спікання ниток при високій температурі. Це дозволяє виключити із складу матеріалу екологічно небезпечні речовини при збереженні необхідної міцності [40].

Волокна полімеру розкладені спеціальним чином в результаті чого була отримана структура нетканого полотна, яке забезпечує не тільки високу механічну міцність, але й низький коефіцієнт пропускання звуку при високому поглинанні шумів всього спектру, що чує людина. Поліестер за своїми фізико-хімічними властивостями є достатньо унікальним матеріалом з наступними властивостями [36]:

- не горить;
- не поглинає воду;
- не взаємодіє з більшістю органічних розчинників;
- не боїться біологічних шкідників, плісняви та грибку;
- виступає якісним теплоізолятором.

Таблиця 2.7. Технічні характеристики Максфорте ЕкоАкустик

Характеристика	Значення
Розміри, мм	1200 x 600 x 50
Густина, кг/м ³	1000
Площа листа/упаковки, м ²	0,72/2,88
Вага листа/упаковки, кг	0,75/3
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/ (м x К)	0,032

На відміну від скловати та деяких інших тепло- та шумоізолюючих матеріалів, він простий у монтажі – волокна міцно тримається в об'ємі матеріалу та, при роботі з ним, немає необхідності використання захисних

засобів та спецодягу. Різати полотна можна звичайними ножицями, що теж спрощує процес монтажу. Використовується в житлових будівлях та офісах, кракових спорудах та металокаркесах у вертикальному та горизонтальному положенні.

ШумоІзол. Цей матеріал призначений для ізоляції підлоги. Відрізняється підвищеною гнучкістю та еластичністю у поєднанні з механічною міцністю. Виготовляється у вигляді рулонів та стелиться під підлогове покриття (паркет, дошку, ламінат, керамічну плитку). Крім високого ступеня шумоізоляції забезпечує ще й високий рівень гідроізоляції [36]. Цей матеріал (рис. 2.12) можна використовувати на перших поверхах приміщень без опалення – ШумоІзол не деформується під впливом низьких температур, при цьому зберігає свої властивості до -25 °С.



а)



б)

Рисунок 2.12 – ШумоІзол:

а – зовнішній вигляд; б – матеріал в розрізі

Таблиця 2.8. Технічні характеристики ШумоІзолу

Характеристика	Значення
Розмір рулону, м	10 x 10 x 0,5
Площа, м ²	10
Вага, кг	19
Температурний діапазон використання, °С	-25...+85
Індекс зниження шуму, дБ	27

Виготовляється у вигляді двошарового матеріалу з нетканим покриттям з поліестеру та бітумним базовим шаром. В залежності від виду підлогового покриття, укладається однією або іншою стороною догори. З'єднуються рулони встик, шви ізолюють монтажним скотчем або однокомпонентною рідкою гумою. Використовується для шумо- та віброізоляції в житлових приміщеннях, промислових цехах, енергогенеруючих підприємствах. Обмеження по екологічним показникам відсутні.

ТермоЗвукоІзол (рис. 2.13). Цей звукоізоляційний матеріал належить до виду багатошарових, який складається із зовнішнього покриття – міцної тканини спанбонд, та звукопоглинаючого шару – скловолоконного наповнювача. Існує декілька різновидів даного матеріалу:

- ТермоЗвукоІзол 10 мм;
- ТермоЗвукоІзол 14 мм;
- ТермоЗвукоІзол Форте;
- ТермоЗвукоІзол стрічка.



Рисунок 2.13 – ТермоЗвукоІзол

Рисунок 2.14 – СофтБорд

Цей матеріал достатньо еластичний – його можна розкатувати як по плоским поверхням, так і огинати балки, бруси та інші елементи конструкцій. Встановлюється як в горизонтальному, так і в вертикальному положенні, зверху потребує механічного захисту облицювальними матеріалами. Підходить під вагонку, сайдинг, ДСП, ДВП, ЦСЛ, суху штукатурку та гіпсокартон. На підлозі

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

під стяжку вкладається під гідроізоляційну плівку [36]. Даний матеріал володіє високим показником паропроникності, негорючий, зберігає тепло у приміщенні та може використовуватись без додаткової теплоізоляції стін та перекриттів.

Виготовляється в рулонах стандартного розміру (10000 x 1500 x 10-14 мм). Інші форми випуску відсутні. Така ж форма випуску і у матеріалу ТермоЗвукоІзол Форте, який відрізняється покращеними характеристиками. Він застосовується на стелях, стінах, підлогах. Для ізоляції трубопроводів та конструкційних елементів існує можливість придбати стрічку, розміри якої становлять 1000 x 130 x 14 мм.

Робоча температура матеріалу знаходиться в межах від -100 °С до +140 °С, теплопровідність складає 0,034 Вт/м x К, водопоглинання до 49,5 %. Технічні характеристики кожного з видів ТермоЗвукоІзолу наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9. Технічні характеристики ТермоЗвукоІзолу

Модифікація	Звукопоглинання, дБ	Зниження ударного шуму, кратність	Зниження вібрації, кратність
ТермоЗвукоІзол 10 мм	28	4	12
ТермоЗвукоІзол 14 мм	33	4	13
ТермоЗвукоІзол Форте	44	13	13
ТермоЗвукоІзол стрічка	17-90 %	15	15

Використовується цей матеріал у всіх модифікаціях як на об'єктах громадського та житлового будівництва, так і у виробничих будівлях. Технологічність застосування, протипожежна стійкість, невелика вага та мала товщина дозволяють застосовувати його майже без обмежень в приміщеннях із сухим та нормальним мікрокліматом.

СофтБорд (м'яка дошка). Цей звукопоглинаючий матеріал (рис. 2.14) створений по інноваційній технології та складається з деревних волокон, переважно дерев хвойних порід [36]. Деревина подрібнюється та пресується

певним чином, що дає в результаті рихлу, але достатньо міцну структуру, яка дещо схожа за властивостями на корок. Слабкі зв'язки між волокнами та наявність повітряних пустот (до 70%) визначають низьку теплопровідність (не більше 0,042 Вт/м х К), високу теплоємність (2,3 кДж/кг х К) та активне шумопоглинання.

Міцність та пружність матеріалу дозволяють використовувати його при облицюванні стін, підлог та перекриттів, як частину багатошарової конструкції теплоізоляції в каркасних та кам'яних будівлях. Монтується зазвичай з внутрішньої сторони приміщення. Висока паропроникність дозволяє використовувати його в приміщеннях із підвищеним рівнем відносної вологості повітря або з великою кількістю водяної пари в повітрі. Матеріал не затримує вологу, що унеможливорює виникнення умов для розмноження плісняви або грибкових організмів.

Таблиця 2.10. Технічні характеристики СофтБорд

Характеристика	Значення
Розміри, мм	1220 x 2440 x 40-120
Теплопровідність, Вт/м х К	0,042
Теплоємність, кДж/кг х К	2,3
Коефіцієнт звукопоглинання, %	80
Рівень зниження звуку, дБ	До 35
Водопоглинання, %	4-6
Температурний діапазон експлуатації, °С	-50...+140

Як активний звукоізоляційний матеріал м'яка дошка застосовується в житлових, громадських та виробничих приміщеннях. Вона не тільки володіє низькою провідністю ударних та повітряних шумів, але й активно поглинає звуки всього частотного діапазону та вібрації від працюючих машин та обладнання.

СофтБорд встановлюється під зовнішнє облицювання, тобто її можна:

- фарбувати акриловими, алкідними та масляними фарбами;
- штукатурити звичайними та декоративними штукатурками;
- покривати сайдингом та вагонкою;
- обклеювати шпалерами.

Гарантійний термін зберігання механічної цілісності та основних властивостей перевищує 10 років, але в реальності строк служби набагато більший. В процесі пресування не використовуються синтетичні смоли, здатні виділяти шкідливі токсини або алергени. По рівню екологічності СофтБорд не поступається звичайній деревині.

Густина плити відрізняється в залежності від модифікації, але лежить в діапазоні 180-330 кг/м³, що визначає різні механічні характеристики та вагу. Зазвичай плити меншої густини вкладаються на горизонтальні поверхні, а більшої густини – на вертикальні. Різати матеріал за розмірами можна звичайною або стрічковою пилою.

TecSound (рис. 2.15). Звукоізоляційні мембрани іспанської компанії Texsa використовуються у вигляді самостійного звукоізоляційного прошарку або у поєднанні з іншими видами м'якого утеплювача та звукоізолятора у складі багат шарових покриттів [36]. Товщина мембран складає всього 3,7 мм, що не значною мірою впливає на розміри звукоізоляційного шару, але дозволяє знизити рівень зовнішніх шумів більше ніж на 25-28 дБ. При реальній можливості виникнення ударних шумів, Tecsound застосовується у поєднанні із віброзахисними матеріалами.

Tecsound володіє високою щільністю, внаслідок чого матеріал достатньо пружний та може використовуватись при звукоізоляції підлоги під стяжку або тверду основу з фанери або ДСП. При перепадах температур матеріал деформується незначною мірою і не здатен впливати на цілісність захисного теплоізоляційного шару, антисептичні властивості та низький рівень поглинання води та пари дозволяє використовувати його в приміщеннях із підвищеною відносною вологістю [36].

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



Рисунок 2.15 - Tecsound



Рисунок 2.16 - Фонстар

Таблиця 2.11. Технічні характеристики Tecsound

Характеристика	Значення
Розміри рулону, мм	5000 x 1220 x 3,7
Вага, кг	42
Індекс звукоізоляції, дБ	28
Рівень шумопоглинання, дБ	22
Клас горючості	Г2

У відношенні до пожеж він абсолютно безпечний, володіє антисептичними властивостями та не пошкоджується гниллю, пліснявою та іншими біологічними факторами. Матеріал дуже пластичний та здатен значно розтягуватися без розривів та тріщин при температурних деформаціях або механічних рухах конструкції. За своїми механічними властивостями він нагадує тонкошаровий свинець, але абсолютно не токсичний та може без обмежень використовуватись у внутрішніх приміщеннях.

В якості мембранного матеріалу в багатошарових системах звуко- та теплоізоляції Tecsound застосовується у всіх видах будівель, на стелях, підлогах, стінах та перекриттях. Матеріал не вступає в реакцію з компонентами будівельних розчинів, чудово поєднується із мінеральними та полімерними утеплювачами всіх видів.

Звукоізоляційні панелі PhoneStar (Фонстар). Листовий матеріал (рис. 2.16) Фонстар виготовляється в Німеччині. Представляє собою жорстку панель – каркас виготовлений з пресованого гіпсокартону, заповнений кварцовим піском або спеціальним гранульованим наповнювачем [36].

Картон забезпечує належну жорсткість у вертикальному та горизонтальному положенні, а сипучий наповнювач гасить звукові коливання будь-якої довжини. При монтажі звукоізоляції необхідно підготувати дерев'яну або металеву решітку, до яких панелі будуть прикручуватись саморізами. На одну панель під горизонтальну установку на стелю необхідно не менше 15 точок кріплення.

Таблиця 2.12. Технічні характеристики Фонстар

Характеристика	Значення
Розміри листа, мм	1195 x 795 x 12
Вага, кг	17,4
Площа, м ²	0,95
Індекс поглинання шуму, дБ	36
Зниження ударного шуму, %	75

При установці на підлогу зазвичай не використовуються метизи. На стіні кількість кріплень залежить від вигляду зовнішнього облицювання – під шпалери або шпаклівку їх може бути менше, ніж для стелі, під штукатурку – більше. Стики заклеюють спеціальною стрічкою з метою запобігання висипання наповнювача.

Використовуються звукоізоляційні панелі на всіх об'єктах виробничого та житлового будівництва, як в якості самостійного звукоізоляційного матеріалу, так і в складі багатошарових конструкцій, в комплексі з м'якими мінеральними звукопоглинальними матеріалами, мембранами, тощо [36]. Зовнішнє облицювання виконується безпосередньо по панелі всіма видами штукатурки та

шпаклівки, шпалерами, фарбами, сайдингом або вагонкою. Призначені для використання лише всередині приміщень.

АкустиКНАУФ. В асортименті продукції КНАУФ існує декілька видів звукоізоляційних матеріалів, одним із найбільш популярних є АкустиКНАУФ (рис. 2.17). Цей інноваційний матеріал, що перевершує використовувані раніше за рівнем жорсткості, пружності та здатності відновлювати форму після механічних деформацій. Пружність матеріалу дозволяє щільно прилягати до отворів каркасу та утримуватись там під впливом вібрацій та ударних навантажень на стіни та перегородки під час монтажу та подальшої експлуатації.



Рисунок 2.17 - АкустиКНАУФ



Рисунок 2.18 – КНАУФ Insulation

Основною матеріалу є мінеральні волокна, які скріплені екологічно безпечними матеріалами, що зв'язують. Формальдегід та феноли при виготовленні АкустиКНАУФ не використовуються. За екологічними показниками шумоізолятор допущений без обмежень для його використання в житлових приміщеннях та квартирах, дитячих та лікувальних закладах, громадських місцях. Він не пилить, не виділяє запахів та токсичних речовин в будь-якому режимі експлуатації, не алергенний.

Використовується матеріал для створення звукоізоляційної прокладки в комплексному багатошаровому облицюванні у поєднанні з іншими матеріалами.

Встановлюється під внутрішнім облицюванням стін, стель, перегородок. Технічні характеристики наведені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13. Технічні характеристики АкустиКНАУФ

Характеристика	Значення
Розміри листа, мм	2130 x 610 x 50
Група горючості	НГ
Площа, м ²	0,75
Рівень зниження шуму, дБ	До 57
Густина, кг/м ³	15,5

КНАУФ Insulation (рис. 2.18). Створений на основі мінеральної фати він виконує як звукозахисні, так і теплоізоляційні функції. Виготовляється у формі плит або матів, які відрізняються підвищеним рівнем пружності [36]. Використовується в системах сухого облицювання стін та перекриттів. Відрізняється активним звукопоглинанням та захистом від вібрацій.

Таблиця 2.14. Технічні характеристики КНАУФ Insulation

Характеристика	Значення
Розміри плити, мм	1250 x 610 x 50
Розміри рулону, мм	7500 x 610 x 50
Коефіцієнт звукопоглинання (50 мм)	0,25-0,94
Рівень зниження шуму, дБ	30-40
Площа плити, м ²	0,76
Площа мату, м ²	4,575

В звуковому діапазоні 125 – 4000 Гц коефіцієнт поглинання шумів складає 0,56 – 1, що дозволяє знизити загальний звуковий фон на 30-40 дБ. Тонкі волокна (не більше 3-5 мкм) у вигляді довгих ниток (до 150 мм) надають активний опір поширенню звукових хвиль і поглинають їхню енергію на всіх

частотах. Великі розміри плит та рулонів дозволяють мінімізувати кількість стиків, що позитивно позначається на рівні шумоізоляції та теплозахисту.

Використовується КНАУФ Insulation в каркасних системах стін та перегородок у всіх видах житлового та виробничого будівництва, активно використовується в системах підвісних стель та підлог з будь-якими видами підлогового покриття.

Техноеласт Акустик. Звукоізоляційний матеріал використовується з метою захисту від ударних шумів, які поширюються по конструктивним елементам каркасу будівлі. Виготовляється у двох видах – Акустик Супер А350 (рис. 2.19, а) та Акустик С Б350 (рис. 2.19, б).



а)



б)

Рисунок 2.19 – Види звукоізоляторів Техноеласт Акустик:

а - Акустик Супер А350; б - Акустик С Б350

Перший представляє собою склополотно з нанесеним полімерно-бітумним шаром та приклеєним до нього полотном з високими звукоізоляційними властивостями. Матеріал посилений металізованою плівкою, яка нанесена на протилежну звукоізоляційному шару площину. Виконує матеріал декілька функцій – звукоізоляційну, гідрозахисну та теплоізоляційну.

Акустик С Б350 – це поліефірна металізована плівка з нанесеним на неї бітумним шаром та звукоізоляційним полотном. Призначена для установку тільки під цементну стяжку [36]. Переважно Техноеласт Акустик встановлюється в системі підлог, в тому числі з підігрівом, але активно

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

використовується при монтажі перегородок та захисту стін з внутрішньої сторони. Обмежень по екологічним показникам немає.

Таблиця 2.15. Технічні характеристики АКУСТИК СУПЕР А350 / С Б350

Характеристика	Значення
Розміри, мм	10000 x 1000
Густина, кг/м ³	2,2/0,7
Індекс зниження шуму, дБ	27/23
Водонепроникність, %	100

Технолайт (рис. 2.20). Використовується в не навантажених системах утеплення та звукоізоляції при облицюванні будь-якого типу будівель. Створений на базі мінеральної вати, яка оброблена з'єднувальним матеріалом з мінімальним вмістом фенолом. Виготовляється у вигляді плит з достатнім рівнем пружності, які забезпечують збереження форми та надійне утримання в отворах каркасу.



Рисунок 2.20 - Технолайт



Рисунок 2.21 – ЗПС Вектор

Може використовуватись у системах вентиляованих фасадів в якості пристінного шару, захищеного ззовні більш міцним матеріалом. При вертикальній установці жорсткий каркас не потребує додаткових кріплень. Виготовляється у двох видах – Екстра та Оптима, які відрізняються деякими базовими параметрами (табл. 2.16).

Використання Технолайт майже нічим не обмежено у всіх типах будівель при внутрішньому облицюванні стін, перекриттів та підлог. Матеріал хімічно стійкий до будівельних розчинів та каркасів, легко ріжеться, не пошкоджується пліснявою, грибок та гризунами, не виділяє токсичні гази, не пилить, не деформується при високій або низькій температурі [36].

Таблиця 2.16. Технічні характеристики Технолайт Екстра / Оптима

Характеристика	Значення
Розміри, мм	1200 x 600 x 40-200
Густина, кг/м ³	30-38 / 34-42
Горючість	НГ/НГ
Водопоглинання	1,5/1,5
Коефіцієнт звукопоглинання (100 мм)	0,55-0,96

ЗІПС Вектор (рис. 2.21). Призначення панельних систем «Вектор» полягає у покращенні звукоізоляційних характеристик вже існуючих стін. Панельна система представляє собою комплекс із сендвіч-панелей та гіпсокартонного облицювання товщиною до 12,5 мм. Сама сендвіч-панель складається з внутрішніх гіпсокартонних стінок та скловолоконного прошарку. Для кріплення системи потребується монтаж каркасу – жорсткість панелей робить їх несучими.

Таблиця 2.17. Технічні характеристики ЗІПС Вектор

Характеристика	Значення
Розміри, мм	1500 x 500 x 40 (53)
Вага панелі, кг	18,5
Індекс звукопоглинання, дБ	18-20
Група горючості	Г1
Рівень зниження зовнішнього шуму, дБ	6-18

Таким чином, було розглянуто новітні, сучасні та інноваційні звукопоглинаючі та звукоізоляційні матеріали. При більш детальному аналізі характеристик вказаних шумоізоляційних матеріалів можна зробити висновок, що найкращими по технічним характеристиках є Максфорте Екоакустик або СофтБорд. Такий вибір пояснюється тим, що окрім високого рівня звукопоглинання, цим матеріалам властивий достатньо високий показник коефіцієнту термічної ефективності. Тобто, При оздобленні приміщень таким матеріалом, буде досягатись не тільки ефект шумоізоляції, але й утеплення приміщення. У цих матеріалів найбільш широкий температурний діапазон використання, при якому вони зберігають свої функції, а також вони екологічні, не виділяють шкідливих речовин, прості у монтажу.

Єдиним недоліком обох видів матеріалів є те, що вони мають стандартну форму і розміри, тому ними порівняно важко проводити шумоізоляцію непрямолінійних форм (наприклад, трубопроводів або несучих конструкцій, у яких є кривизна по периметру). Для шумоізоляції таких частин найкраще використовувати ШумоІзол.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

3 ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ВПЛИВУ ШУМУ НА ПРАЦІВНИКІВ

3.1 Спрощення розрахунку непостійного шуму шляхом його автоматизації

У випадку, якщо на працівника діє постійний шум, оцінка впливу шуму на працівника порівняно проста (формули 1.2 та 1.3). Проте у випадку впливу непостійного шуму, математична формула оцінки впливу такого шуму на робітників значно ускладнюється (формула 2.1).

Як видно з формули, враховуються всі точки впливу непостійного шуму з різними рівнями інтенсивності шуму, а також враховується час їх впливу. Чим більше точок впливу, тим більше ускладнюється процес розрахунку еквівалентного рівню шуму.

З метою спрощення розрахунку еквівалентного шуму та вдосконалення методу оцінки впливу непостійного шуму на працівників було розроблено програмний продукт під назвою «loudness-emulator». Принцип роботи цієї програми наведений в розділі 3.2.

За своїми складовими частинами для розробки цієї програми використовувався наступний стек технологій:

1. *TypeScript*. Це язык програмування, в якому виправлені багато недоліків JavaScript та з самого початку розробниками компанії Microsoft позиціонувався як засіб розробки веб-застосунків, який розширює можливості JavaScript. На JavaScript написаний інтерфейс практично всіх веб-сайтів, однією з причиною цього є те, що JavaScript майже немає альтернатив.

Більшість розробників програм або використовують JavaScript зі всіма його недоліками, або пишуть код на іншій альтернативній мові програмування та компілюють його у JavaScript. Тобто TypeScript представляє собою мова-надлаштування над JavaScript. Станом на 2019 рік JavaScript все одно займає перше місце по використанню серед розробників програмних продуктів, але

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

TypeScript увійшов у десятку найбільш популярних мов програмування (рис. 3.1) [11].

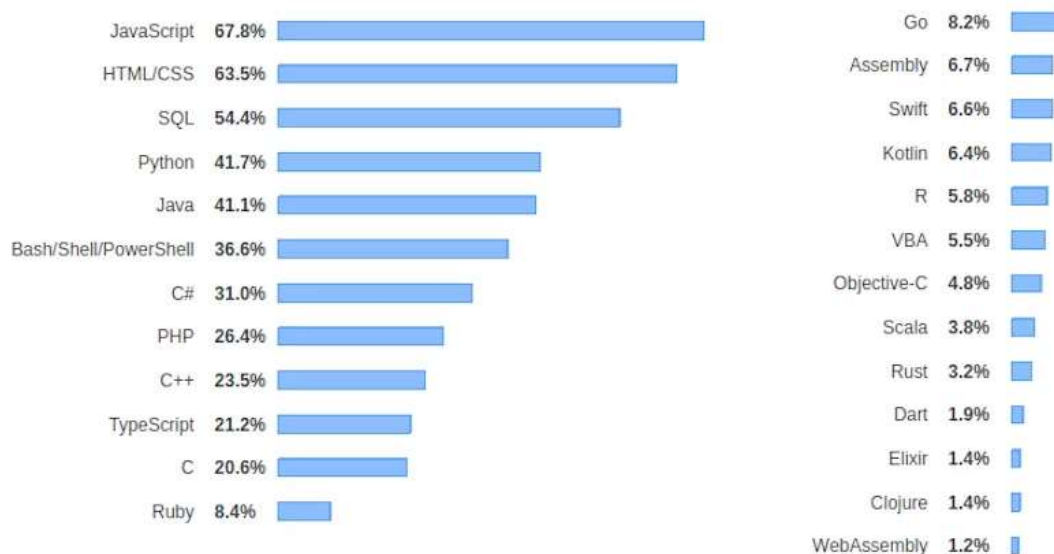


Рисунок 3.1 – Найбільш популярні мови програмування у 2019 році

Код, написаний на TypeScript компілюється та підходить для розробки будь-яких проектів під будь-які браузері. До того ж, це проект з відкритим вихідним кодом, тому він дуже швидко розвивається. Багато нових функцій з початку з’являється саме у TypeScript, а вже потім інтегруються у JavaScript.

Серед основних переваг TypeScript у порівнянні з JavaScript слід відзначити жорстку типізацію. Багато проблем при розробці програмного забезпечення у JavaScript виникають по причині динамічної типізації типів даних, в той час як у TypeScript типізація статична, що дозволяє уникнути ряду проблем.

Наступною перевагою є те, що у TypeScript, окрім підтримки об’єктно-орієнтованого програмування (так само, як у JavaScript), є також більше можливостей ОПП, наприклад, інтерфейси. До того ж, у TypeScript наявні три модифікатори доступу: `public`, `protected` і `private`.

Крім того, у TypeScript є нижче перераховані можливості:

- визначення полів у конструкті;
- перетворення типів;

- абстрактні класи;
- узагальнення.

В результаті відмови від JavaScript на користь TypeScript були досягнуті наступні переваги:

1. По причині статичної типізації програмний код більш перебачуваний, що робить простіше процес проведення дебагу, тестування та виявлення помилок.

2. Завдяки вагомій підтримці ООП, модулів та просторів імен, проект «loudness-emulator» завжди буде впорядкованим.

3. Компілятор на стадії збирання знаходить багато помилок, ще до того як вони потрапляють в закріплений програмний код – це дозволяє уникнути накопичення помилок у готовому коді програми.

2. *React J/S.* Для зручного створення інтерфейсу користувача по ряду причин було обрано фреймворк та бібліотеку React J/S. React J/S представляє собою відкриту бібліотеку платформи JavaScript, метою якої є вирішення проблеми часткового оновлення сторінок [9]. Ця бібліотека робить можливим створення великих веб-додатків, що базуються на даних залежних від часу без перезавантаження сторінки. React J/S обробляє тільки інтерфейс користувача у додатках та застосунках, а також може використовуватись з іншими бібліотеками JavaScript або у навантажених фреймворках MVC.

React-компоненти реалізують метод `render`, який приймає вхідні дані та повертає інформацію для виводу. Окрім вхідних даних, компонент підтримує внутрішні дані стану. Коли дані стану компоненту змінюються, React ще раз викликає функцію `render` та оновлює розмітку програми.

Причини вибору саме цієї бібліотеки для JavaScript лежать в тому, що React має простий синтаксис, за рахунок чого він легкий у вивченні та освоєнні. До того ж, React забезпечує високий рівень гнучкості програми в процесі створення проекту. В цій бібліотеці реалізовано зв'язування даних від великих до малих – це означає, що дочірні елементи не можуть впливати на компоненти,

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

від яких вони залежні, в результаті чого мінімізується ймовірність виникнення великої кількості помилок в процесі написання та тестування програмного коду.

3. *Electron J/S* – фреймворк для розробки настільних додатків з використанням HTML, CSS та JavaScript. Такі застосунки можуть працювати на різних платформах, наприклад, Microsoft, Mac, Linux. Це стало однією з причин вибору такого фреймворку, для того щоб програма могла використовуватись на будь-яких комп'ютерах, незалежно від того, яка операційна система встановлена на ньому.

В основі Electron лежить Node.js. Node.js – це програмна платформа, заснована на двигуні V8 (даний двигун транслює JavaScript в машинний код), яка перетворює JavaScript із вузькоспеціалізованої мови в мову загального призначення. Node.js додає можливість JavaScript взаємодіяти з приладами вводу-виводу через свій API, написаний на C++, підключати зовнішні бібліотеки, написані на різних мовах, та забезпечувати виклики до них з JavaScript-коду.

Node.js використовується в основному на сервері, виконуючи роль веб-серверу, але існує можливість розробляти на Node.js десктопні віконні додатки, а також програмувати мікроконтролери. В основі Node.js лежить подієво-орієнтоване та асинхронне (або реактивне) програмування з неблокуючим вводом-виводом.

Для розробки додатків з використанням Electron цей фреймворк необхідно налаштувати. Інструмент командного рядка Electron Forge сильно дозволяє спростити процес налаштування Electron. Він надає в розпорядження розробнику додатків, заснованих на Angular, React, Vue та на інших фреймворках. Крім того, Electron Forge спрощує збірку та упаковку додатку [4].

Слід відзначити, що фреймворку Electron властивий великий вибір вбудованих та сторонніх компонентів, їх кастомізація та наявність мови розмітки для опису інтерфейсу. Саме ці фактори підвищили необхідність його використання при розробці програмного продукту.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

4. *d3.js* представляє собою не просту бібліотеку, де вибір функцій з необхідною конфігурацією будують графік, тобто вона являється ключовим інструментом для візуалізації даних. *d3.js* складається з декількох десятків невеликих модулів, кожен з яких вирішує свою конкретну задачу. Крім модулів для побудови різноманітних фігур, всередині *d3.js* є модулі для роботи з елементами на сторінці, завантаженням даних, форматуванням та масштабуванням даних, математичними функціями та іншим.

Візуалізація у вебi найчастіше будується у векторному форматі, а саме у форматі SVG. Він дозволяє створювати прості фігури та працювати з ними: транспортувати, позиціонувати та впливати на них через CSS.

Якщо для простих фігур можна використовувати спеціальні теги (*rect*, *circle*, *path*, тощо), то складні фігури будуються по координатам. Існує два варіанти написання координат: абсолютний та відносний. У випадку абсолютного написання координати розраховуються відносно всього графіку, а у випадку відносних координат – відносно останньої точки. Весь шлях записується буквами та цифрами. Відносний варіант вказується буквою в нижньому реєстрі, абсолютний – у верхньому. Приклад побудови графіку з використанням *d3.js* наведений на рис. 3.2.

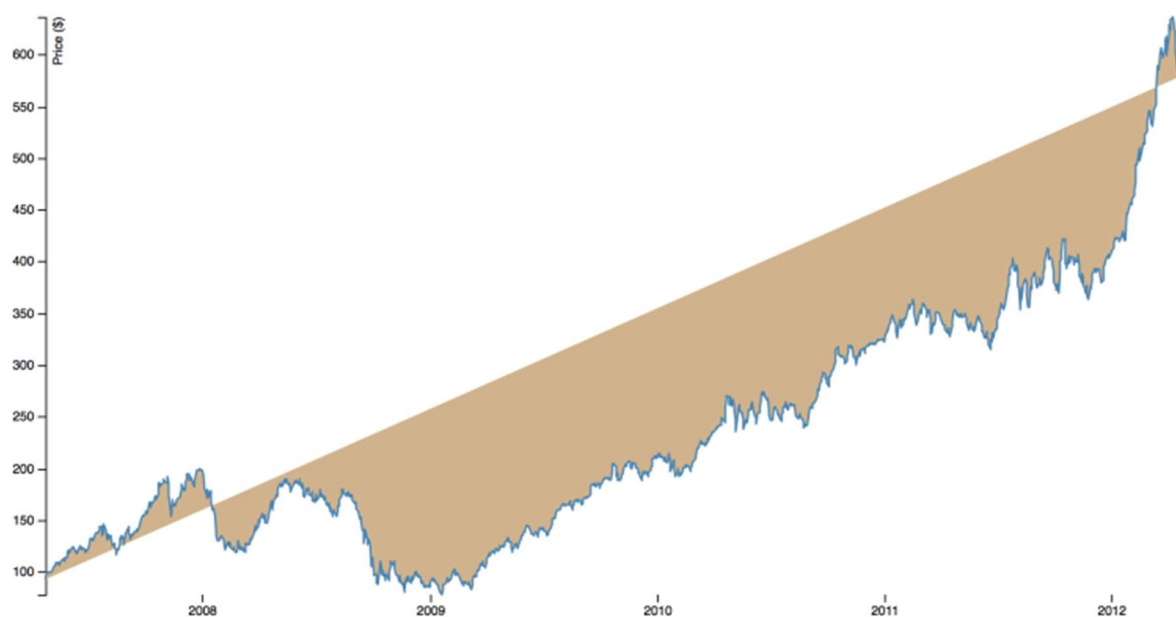


Рисунок 3.2 – Графік, побудований за допомогою *d3.js*

При розробці програми «loudness-emulator» бібліотека d3 використовувалась для побудови системи координат віддаленості джерел шуму від працівника. Окрім побудови візуального відображення, вона дозволяла ще й додати функціонал на взаємодію з цими даними. Шляхом використання d3 було досягнуто наступних переваг при роботі програми:

- бібліотека дозволяє відображати векторну графіку, тобто фігури, лінію, заливку, тощо;
- в ній наявний великий набір інструментів для створення графіки та роботи з ними;
- підтримується всіма передовими браузерами;
- візуалізований графік можна масштабувати, може підтримувати високі розширення;
- якщо порівнювати з іншими форматами зображень, використання векторної графіки забезпечує менший розмір візуалізації при збереженні достатньої якості, що робить роботу програму швидкою та відсікає необхідність користувача чекати на результати відображення.

Завдяки цьому стеку обраних технологій та бібліотек була розроблена програма «loudness-emulator», принцип роботи якої наведено у наступному розділі.

3.2 Функціональні можливості розробленої програми для оцінки рівню еквівалентного шуму

Для запуску розробленої програми «loudness-emulator» немає необхідності проводити жодних підготовчих етапів, до прикладу, установки додаткових бібліотек та програм. Достатньо звичайним чином запустити відповідний файл із розширенням «.exe». Оскільки використовувався Electron J/S, програма може запускатись на будь-якій операційній системі.

Після запуску програми відкриється її головне вікно. Як видно з рис. 3.3, у панелі команд програми є наступні підгрупи, які представляють собою випадаючі списки. Функціонал цих підгруп полягає у:

1. *File*. В цій підгрупі знаходиться лише одна команда *Exit*, натискання якої відповідає за вихід з програми.

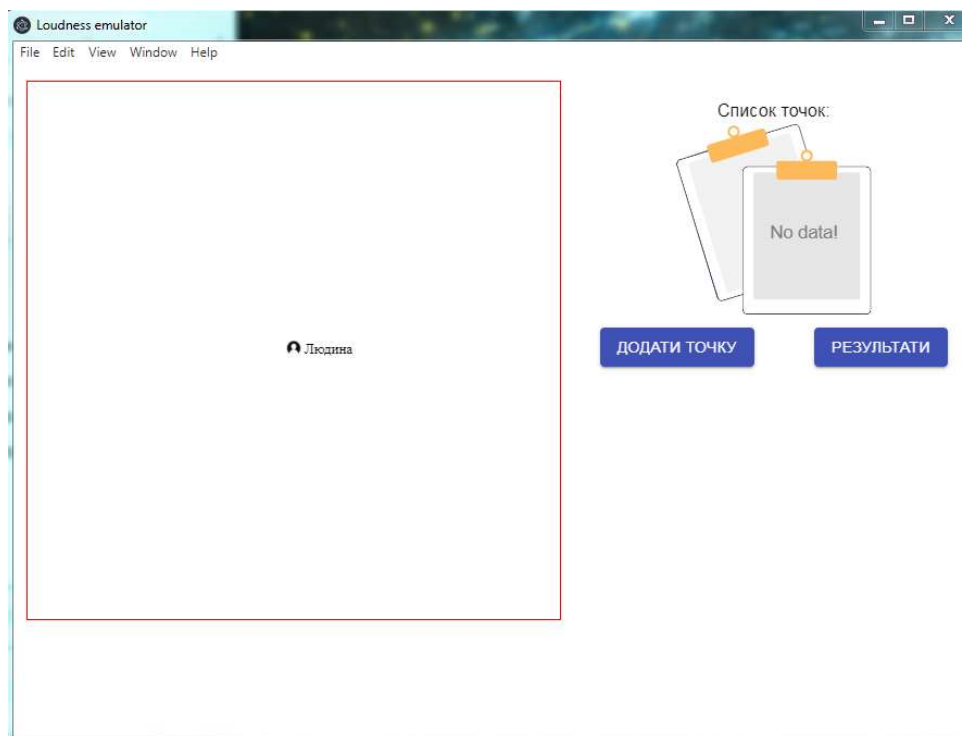


Рисунок 3.3 – Головне вікно програми

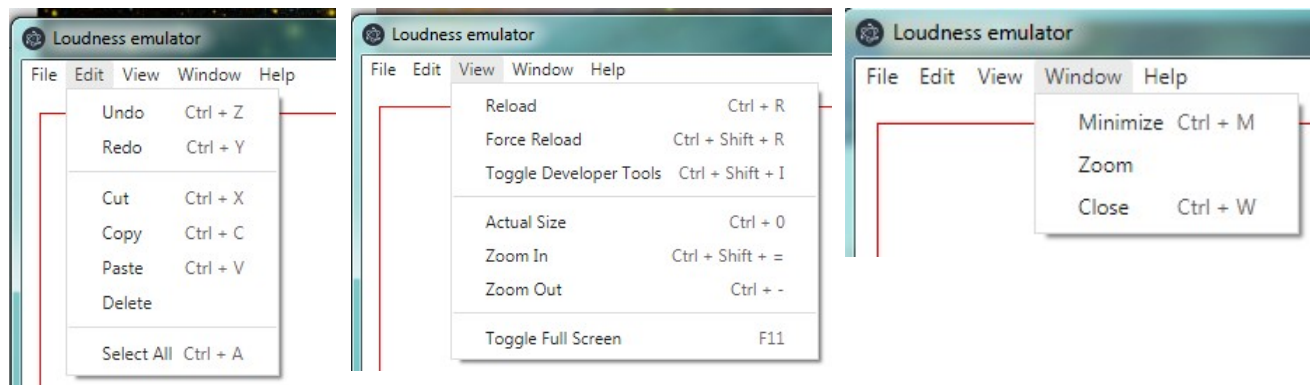
2. *Edit*. Дана підгрупа містить у собі команди, які відповідають за редагування, а саме (рис. 3.4, а):

– *Undo* – команда для відміни останньої виконаної дії, може викликатись комбінацією клавіш *Ctrl + Z* (як і у всіх інших програмах);

– *Redo* – команда призначена для повторного проведення останньої дії (комбінація клавіш - *Ctrl + Y*);

– *Cut* – вирізати; принцип дії цієї команди такий самий, як і у всіх інших програмах, тобто полягає у одночасному копіюванні та видаленні певної інформації, яка тимчасово зберігається у буфер обміну, з якого її потім можна

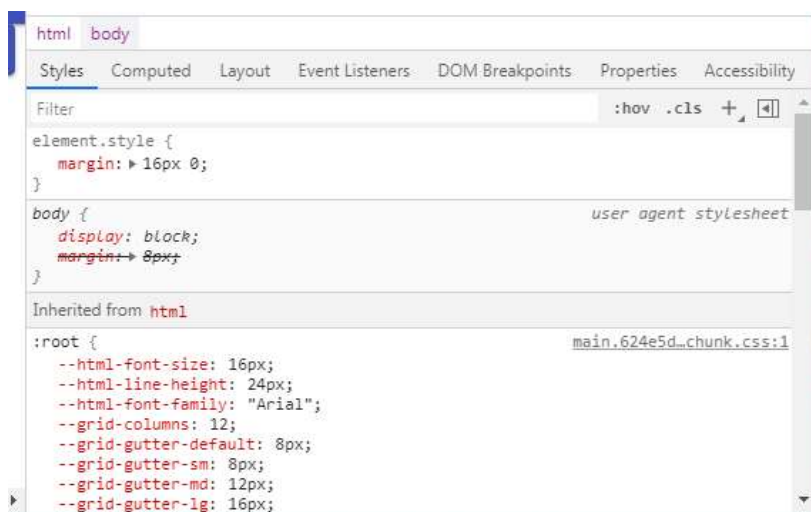
вставити у необхідне місце цієї або будь-якої іншої програми на даному комп'ютері; комбінація клавіш стандартна - Ctrl + X;



а)

б)

в)



г)

Рисунок 3.4 – Функціонал панелі команд:

а – команди вкладки Edit; б – команди вкладки View;

в – команди вкладки Window; г – вікно функції Toggle Developer Tools

– *Copy* – стандартна команди на копіювання даних із стандартною комбінацією клавіш Ctrl + C;

– *Paste* - стандартна команди на вставлення даних із стандартною комбінацією клавіш Ctrl + V;

– *Delete* – видалення обраних даних (комбінація клавіш відсутня, може викликатись відповідною кнопкою на клавіатурі);

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

– *Select All* – вибрати все (стандартна комбінація клавіш Ctrl + A).

3. *View*. Група команд, які відповідають за зовнішній вигляд програми та її компонентів (рис. 3.4, б). В цій групі реалізовані наступні функції:

– *Reload* – перезавантаження вигляду даних, комбінація клавіш Ctrl + R;

– *Force Reload* – примусове перезавантаження, використовується в тому випадку, якщо звичайне перезавантаження не дало бажаних результатів (Ctrl + Shift + R);

– *Toggle Developer Tools* – відкриває вікно із доступом до програмного коду, що відповідає за відображення даних (рис. 3.4, г); комбінація клавіш – Ctrl + Shift + I;

– *Actual Size* – приведення зони відображення до реального розміру, комбінація Ctrl + 0;

– *Zoom In* – збільшення масштабу на ділянці візуалізації, Ctrl + Shift + =;

– *Zoom Out* – зменшення масштабу на ділянці візуалізації Ctrl + -;

– *Toggle Full Screen* – переведення програми у повноекранний режим, викликається кнопкою F11.

4. *Window*. Набір команд, що відповідають за відображення самої програми, а не області візуалізації даних (рис. 3.4, в). Сюди входять:

– *Minimize* – згортання програми;

– *Zoom* – робота із масштабом;

– *Close* – закриття програми, яке може здійснюватися або натисканням цієї кнопки, або через комбінацію Ctrl + W, або стандартним натисканням на червоний хрестик у правому крайньому кутку екрану.

У лівій частині екрану програми червоним кольором виділена область, яка умовно представляє собою певне приміщення. За замовчуванням всередині цієї області знаходиться людина, тобто працівник. Працівника можна рухати по умовному приміщенню шляхом натискання на нього лівою кнопкою миші та перетягування у будь-яку іншу частину візуальної частини програми.

Після розташування працівника необхідно додати точки дію шуму. За це відповідає синя кнопка «Додати точку» у правій частині екрану. При натисканні

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

цієї кнопки відкривається спеціальне вікно (рис. 3.5), в якому користувачу необхідно ввести наступні параметри:

– *Ім'я точки* – у цьому полі користувачу необхідно ввести назву точки випромінювання шуму. Вона може бути будь-якою, тобто можуть використовуватись як цифри, так і буквені символи;

Додати точку



Ім'я точки	Значення
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Time picker 	Time picker 
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="button" value="ЗАКРИТИ"/> <input type="button" value="ДОДАТИ ТОЧКУ"/>	

Рисунок 3.5 – Діалогове вікно для додавання джерела шуму

– *Значення* – у це поле вводиться значення інтенсивності звуку у заданій точці. Може вводиться з клавіатури або шляхом натискання на стрілочку, що відображені з правого краю цього поля;

– *Time picker* – в цьому полі обирається час, коли почав (ліве поле вибору часу) або закінчив (праве поле вибору часу) діяти шум із заданої точки. Існує два варіанти вводу часу початку/кінця випромінювання шуму. При першому достатньо ввести час з клавіатури, але необхідно притримуватись заданого формату.

По-перше, час вводиться у 12-годинному форматі. Тобто, якщо користувач введе наприклад 15:05, програма видасть помилку про неправильний формат введення часу (рис. 3.6). По цій причині необхідно вказувати половину доби в американському форматі AM/PM. AM (After Midnight, англ. – після півночі)

відповідає за проміжок часу від 00:00 до 11:59, в той час як PM (Previous Midnight, англ. – перед опівночі) відповідає за проміжок часу від 12:00 до 23:59.

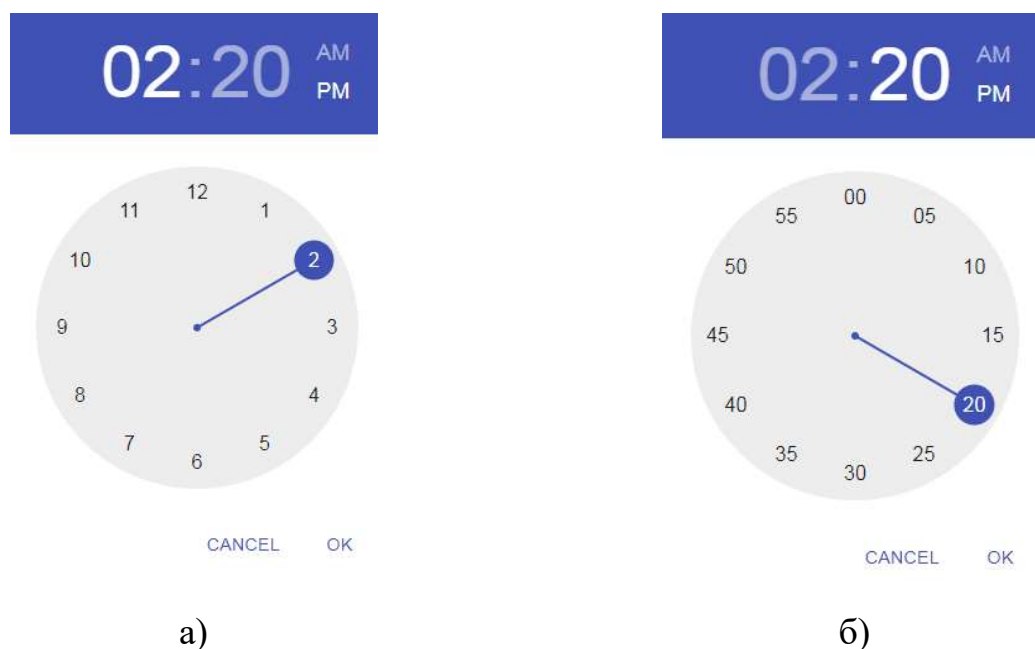


а) б)

Рисунок 3.6 – Формати введення часу дії шуму:

а – правильний; б - неправильний

Другий варіант вибору часу реалізований через графічний дизайн годинника (рис. 3.7), який відкривається шляхом натискання на відповідний значок у правому краю поля вибору часу. У цьому вікні спочатку обирається година, для вибору достатньо лише перетягувати значення у відповідну частину циферблату цифрового годинника. Далі аналогічним чином обираються хвилини з кроком у 5 хвилин.



а) б)

Рисунок 3.7 – Графічний годинник для вибору початку або кінця дії шуму у певній точці:

а – вибір годин; б – вибір хвилин

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

Як видно з рисунку 3.7, користувачу легко зорієнтуватись, яку частину часу він налаштовує. Окрім різниці у кроках на електронному циферблаті, відповідне значення у верхній частині вікна підсвічується білим кольором. Вибір пори доби також виконується по аналогічній системі АМ/РМ. При здійсненні вибору часу користувачу достатньо натиснути кнопку ОК, а для відміни – кнопку Cancel, які розташовані у правому нижньому кутку цього діалогового вікна.

Після додавання точки шляхом введення всіх необхідних параметрів та натискання кнопки «Додати точку», вона автоматично з'являється у графічній частині програми (рис. 3.8). Між точкою та працівником будується пряма, поблизу якої вказана відстань між ними. Змістити джерело випромінювання шуму по відношенню до працівника можна аналогічно до того, як змінити місце розташування самого працівника – затиснувши лівою кнопкою миші на символі колонки та почавши перетягування джерела шуму по області візуалізації приміщення. Відстань від працівника до джерела шуму буде змінюватись відповідно до зміни місця розташування або працівника, або джерела шуму. Крім того, у правій частині вікна з'явиться ця точка у списку, де будуть перераховані її параметри. Як видно з рис. 3.8, введену точку можна видалити в будь-який момент часу роботи програми.

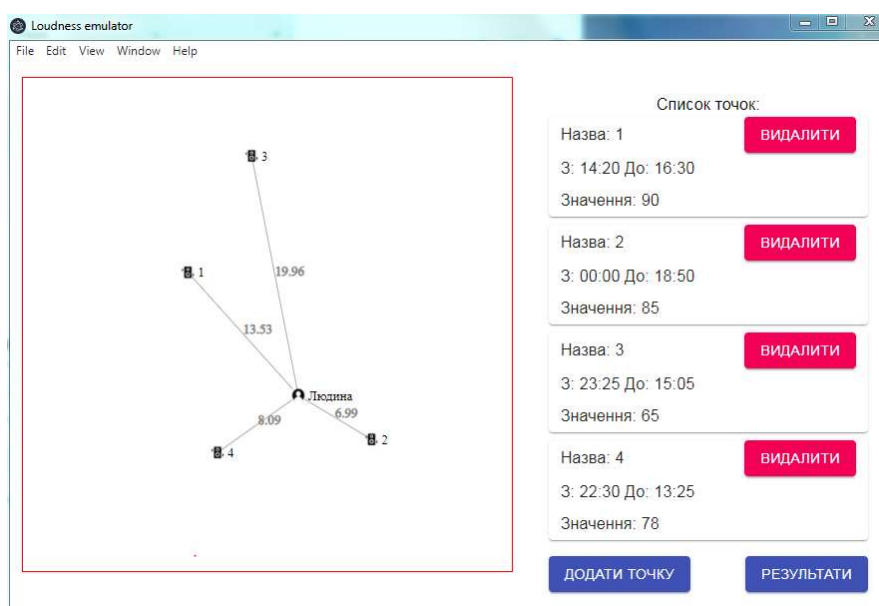


Рисунок 3.8 – Відображення джерела шуму на візуальній моделі приміщення

Після додавання всіх точок джерел шуму та зазначення їх інтенсивностей для оцінки рівню еквівалентного шуму та його дії на працівника користувачу необхідно натиснути кнопку «Результати» (рис. 3.9). Перший стовпець із значеннями представляє собою розрахунок рівнів звукового тиску за формулою 1.2, другий стовпець – розрахунок рівнів інтенсивності звуку для кожної окремої точки, останнє значення представляє собою розрахунок еквівалентного рівня шуму, який впливає на працівника протягом зазначеного проміжку часу.

L0: 133.0	L: 133.06	L сумарне: 132.96	1	LA = 132.51
132.5	132.57	132.96	1	
130.1	130.24	132.46	2	
131.7	131.82			

ЗАКРИТИ

Рисунок 3.9 – Відображення результатів у програмі

Завдяки розробленому програмному продукту у користувача є можливість значно скоротити час розрахунку рівня еквівалентного шуму, який впливає на працівника, мінімізувати кількість можливих помилок за рахунок автоматичного розрахунку та відсутності впливу людського фактору, а також провести розрахунок максимально точно, оскільки у програмі майже відсутні заокруглення, які в будь-якому випадку виникають при ручному розрахунку логарифмічних формул, виконаних людиною.

ВИСНОВОК

У дипломній роботі було розглянуто один із шляхів вдосконалення методу оцінки впливу шуму на працівників, який полягає у спрощенні розрахунку еквівалентного шуму методом його автоматизація.

І розділ дипломної роботи присвячений розгляду класифікації та характеристик шумів різного характеру, їх походженню. Розглянуто вплив шуму на організм людини, можливі наслідки для працівників, які працюють в умовах шумного середовища. Крім того, було проведено аналіз нормативно-правових документів, які регламентують нормовані рівні шумового забруднення територій в Україні та захист територій, будівель і споруд від впливу шуму.

Також розглянуто нормативно-регулюючу документацію інших країн ЄС, США, Китаю та порівняно із документацією українського регулюючого органу. В результаті досліджень встановлено, що допустимий рівень шуму в Україні нижчий, ніж у перерахованих країнах, що впливає більш кращому та суттєвому захисту працівників від шкідливого шумового впливу.

У II розділі наведені статистичні дані по шкідливому впливу шуму на працівників в Україні та інших країнах світу, а також приведено порівняння нормованих рівнів шуму на робочому місці із нормованими показниками шуму. Встановлено, що станом на 2019 рік в Україні порівняно невеликий відсоток (17,3 %) працівників, що підлягають впливу виробничого шуму у порівнянні з іншими країнами світу. За результатами аналітичного розгляду нормованого рівню шуму та кількості працівників, що працюють в умовах шумного виробничого середовища можна зробити висновок, що в Україні забезпечений нормальний рівень захисту працівників від шуму у порівнянні з іншими країнами, але все одно він потребує покращення.

Крім того, у II розділі наведені види засобів індивідуального захисту працівників від шуму. Було проаналізовані нові ЗІЗ та виокремлено найкращі за своїми характеристиками засоби захисту органів слуху працівників. В додаток до цього проаналізовано інноваційні звукопоглинаючі та звукоізолюючі

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

матеріали, наявні на українському ринку. Проведено детальний аналіз їх характеристик та виокремлено 3 види найкращим матеріалів, які забезпечують не тільки належний рівень звукоізоляції приміщень, а й додаткові параметри, наприклад, достатній рівень теплоізоляції.

У III розділ представлено розроблену програму, яка представляє собою один із можливих методів вдосконалення методу оцінки впливу виробничого шуму на працівників. Ця програма проста у користуванні, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, не потребує проходження певного навчання користувачем, працює на будь-яких операційних системах, тощо. Її призначення полягає у майже миттєвому розрахунку еквівалентного рівню шуму, які діють на працівника від необмеженої кількості точок. Програмному продукту властива висока швидкість проведення розрахунків, відсутність можливості виникнення помилок, оскільки відсіюється людський фактор, а також така автоматизація надає можливість більш точного проведення розрахунків внаслідок відсутності заокруглень при обчисленнях логарифмічних формул.

Завдяки вищеперерахованим заходам та методам, наведеним у дипломній роботі у представників підприємств існує можливість покращити захист працівників від шкідливого впливу шумового середовища, а також дозволяє пришвидшити та максимально спростити оцінку умов праці в робочому виробничому середовищі.

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. 3M Peltor Optime 1. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.business-partner.com.ua/475/3m-peltor-optime-i-h510a-401-gu-protivoshumovye/> (дата звернення 01.11.2021)
2. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: epidemiology, pathogenesis, and preventive measures. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://environhealthprevmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12199-020-00906-0#Tab1> (дата звернення 01.10.2021)
3. Canadians vulnerable to workplace noise. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/82-003-x/2018008/article/00002-eng.htm> (дата звернення 01.10.2021)
4. Electron: разработка настольных приложений с использованием HTML, CSS и JavaScript [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/436466/> (дата звернення 18.11.2021)
5. Guidelines for Community Noise [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf> (дата звернення 23.09.2021)
6. Noise laws in the manufacturing industry. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://knowledge.silvent.com/us/noise-laws-in-the-manufacturing-industry> (дата звернення 23.09.2021)
7. Noise. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iosh.com/resources-and-research/our-resources/occupational-health-toolkit/noise/> (дата звернення 01.10.2021)
8. Overall Statistic – All U.S. Industries [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/ohl/overall.html> (дата звернення 01.10.2021)
9. React. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/React> (дата звернення 18.11.2021)

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

10. The Control of Noise at Work Regulations 2005. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.legislation.gov.uk/uksi/2005/1643/contents/made> (дата звернення 23.09.2021)

11. TypeScript: как с ним работать и чем он отличается от JavaScript. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://skillbox.ru/media/code/typescript_kak_s_nim_rabotat_i_chem_on_otlichaetsya_ot_javascript/ (дата звернення 18.11.2021)

12. Бондаренко Є.А. Основи охорони праці: Лабораторний практикум / Є.А. Бондаренко, В.А. Дрончак, Р.Я. Дупляк, О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко – Вінниця, ВНТУ, 2007. - 68 с.

13. Види та правила вибору протишумових навушників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://liderworkwear.ru/articles/vidy_i_pravila_vybora_protivoshumnykh_naushnikov (дата звернення 28.10.2021)

14. Гігієна праці та експертиза умов праці. Шум та його шкідливі наслідки. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uz.dsp.gov.ua/index.php/diialnist/hihiiena-pratsi/749-shum-ta-ioho-shkidlyvi-naslidky> (дата звернення 18.09.2021)

15. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294852/4294852037.htm> (дата звернення 12.10.2021)

16. ГОСТ 12.4.051-78 “ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов слуха. Общие технические условия” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200006183> (дата звернення 12.10.2021)

17. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. – Київ, Мінрегіонбуд України. – 2014. – 85 с.

18. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/08/zb_Pracia2019.pdf (дата звернення 01.10.2021)

19. Дослідження параметрів виробничого шуму і визначення ефективності звукоізоляції. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/09/%D0%9B%D0%B0%D0%B1-12-%D1%88%D1%83%D0%BC.pdf>

20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text> (дата звернення 21.09.2021)

21. Закон України «Про охорону праці». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення 21.09.2021)

22. Засоби захисту від шуму на виробництві. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://navigator-siz.ru/sposoby-zashhity-ot-shuma-na-proizvodstve/> (дата звернення 21.10.2021)

23. Засоби захисту слуху. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vdy.com.ua/sredstva-zashchity-sluha-i-uhoda-za-ushami> (дата звернення 26.10.2021)

24. Засоби та методи захисту від шуму та вібрацій. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bgdstud.ru/uchebno-metodicheskij-kompleks-po-discipline-bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/780-sredstva-i-metody-zashhity-ot-shuma-i-vibracii.html> (дата звернення 22.10.2021)

25. Захисні навушники Kraftool EXPERT 11362. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.vseinstrumenti.ru/spetsodezhda/siz/organov-sluha/naushniki/kraftool/naushniki-kraftool-expert-zaschitnye-skladnoe-ogolove-11362/> (дата звернення 01.11.2021)

26. Измеритель шума и вибраций ВШВ 003-М2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://spectrolab.com.ua/p22404794-izmeritel-shuma-vibratsii.html> (дата звернення 18.10.2021)

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

27. Кравчук В.Т. Дослідження параметрів виробничого шуму і методів захисту: Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи з дисципліни «Основи охорони праці» для студентів усіх спеціальностей і форм навчання / В.Т. Кравчук, В.Г. Дзюбенко, О.Г. Дедечек. – К.: КНУБА, 2017. – 27 с.

28. Наушники від шуму. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://headphone-review.ru/?p=6254> (дата звернення 01.11.2021)

29. Наушники СОМЗ-1 «Ягуар». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ohranatruda.com.ua/sredstva-zaschiti-golovi/naushniki-protivosh-somz-1-yaguar-art-60100-rosomz/> (дата звернення 05.11.2021)

30. Охорона праці та безпека життєдіяльності: Лабораторний практикум. Навчальний посібник / В.А. Кирилков, А.А. Нестер, І.І. Ковтун, В.В. Мисліборський. – Хмельницький, ХНУ, 2011. – 137 с.

31. Про затвердження Правил охорони праці під час фарбувальних робіт. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://oppb.com.ua/content/pro-zatverdzhennya-pravyl-ohorony-praci-pid-chas-farbuvalnyh-robit> (дата звернення 21.09.2021)

32. Просто о d3 J/S. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://habr.com/ru/post/342106/> (дата звернення 18.11.2021)

33. Протишумні беруші. Види та характеристики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://promsiz-tm.ua/blog/sredstva-zashchity-organov-slukha/protivoshumnye-vkladki-berushi-vidy-i-kharakteristiki/> (дата звернення 26.10.2021)

34. Протишумові наушники ЗУБР 11370. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zubr-shop.ru/product/naushniki-protivoshumnye-skladnye-ekspert-zubr-11370/> (дата звернення 28.10.2021)

35. Протишумові наушники. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://headphonesbest.ru/ratings/top-3-protivoshumnye-naushniki-1870> (дата звернення 01.11.2021)

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

36. Сучасні матеріали для шумоізоляції стін. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://srbu.ru/stroitelnye-materialy/428-shumoizolyatsiya-sten-v-kvartire-sovremennye-materialy.html> (дата звернення 07.11.2021)

37. Сучасні методи захисту від шуму та вібрацій. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mcl.kiev.ua/sovremennye-metody-zashhity-ot-shuma-i-vibratsii/> (дата звернення 24.10.2021)

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

39. Шум. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BC> (дата звернення 14.09.2021)

40. Шумоізоляція Максфорте. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://maxforte.ru/> (дата звернення 28.10.2021)

41. Шумомер. Види и устройства. Работа и применение. Классы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tehpribory.ru/glavnaia/pribory/shumomer.html> (дата звернення 18.10.2021)

42. Шумомер. Превращаем звук в децибелы. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://proinstrumentinfo.ru/shumomer-tsena-i-harakteristiki/> (дата звернення 18.10.2021)

					ДРЦВБ.16146.21.01.01 ПЗ	Лист
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87