

## Практична робота № 3

### Вимірювання та розрахунків основних параметрів шуму

**Мета роботи:** 1) ознайомитись з методикою замірів та оцінкою основних параметрів шуму;  
2) ознайомитись із принципом розрахунку рівня шуму від декількох джерел.

#### Теоретичні відомості

**Шумом** прийнято вважати будь-який небажаний для людини звук, який не несе корисної інформації.

У вигляді звуку ми сприймаємо пружні коливання – хвилі, які розповсюджуються у твердому, рідкому або газоподібному середовищі, якщо ці коливання лежать в діапазоні частот від 16 Гц до 20 кГц. Коливання з частотою нижче 16 Гц (інфразвук) та коливання із частотою вище 20 кГц (ультразвук) не чутні для вуха людини.

Шум на робочому місці знижує продуктивність праці, особливо при виконанні точних робіт, маскує небезпеку від механізмів, що рухаються, ускладнює розбірливість мови, призводить до професійної туговухості, а при більших рівнях шуму може призвести до механічного пошкодження органів слуху. Шум у побутових умовах, особливо у нічний час, заважає нормальному відпочинку.

Основними джерелами шуму на робочих місцях є: вентиляційне обладнання, кондиціонери, опалювальні прилади (повітродувки), комп'ютерна техніка (принтери, ксерокси, сканери, системні блоки), різноманітні прилади. У побуті основним джерелом шуму, що проникає у приміщення зовні, є шум транспортних засобів та шум комунального обладнання.

**Характеристиками** шуму є інтенсивність шуму  $I$  (Вт/м<sup>2</sup>), звуковий тиск  $P$  (Па), звукова потужність  $N$  (Вт), рівень інтенсивності звуку  $L_I$ , рівень звукового тиску  $L_P$ , рівень звукової потужності  $L_N$ , частота коливань  $f$  (Гц) та направленість джерела шуму  $\Phi$ .

**Рівень** ( $L$ ) – це відносна величина, введена для зручності оцінки шуму, оскільки абсолютні значення характеристик шуму можуть змінюватись в дуже широких межах, а сприйняття шуму вухом людини підпорядковується логарифмічній залежності (вухо реагує на відносні зміни):

$$L_I = 10 \lg I / I_0, \quad L_P = 20 \lg P / P_0, \quad L_N = 10 \lg N / N_0.$$

В цих формулах  $I$ ,  $P$ ,  $N$  – фактичні значення,  $I_0$  - інтенсивність звуку на межі чутності, яка складає  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а значення  $P_0$  та  $N_0$  приймають такими ( $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па,  $N_0 = 10^{-12}$  Вт), щоб для одного й того ж звуку виконувалась умова:

$$L_I = L_P = L_N.$$

Одиницею вимірювання рівнів є децибел. Одному белу відповідає збільшення інтенсивності звуку на межі чутності у 10 разів. Звукові хвилі починають викликати больові відчуття при значеннях тиску 200 Па або інтенсивності звуку 100 Вт/м<sup>2</sup>, що відповідає рівню інтенсивності звуку (звукового тиску) 140 дБ.

**Частота коливань**, Гц. Оцінка гучності звуку людиною залежить не тільки від рівня інтенсивності, але і від частоти коливань (Гц), оскільки звуки однакової інтенсивності, але різної частоти сприймаються як звуки різної гучності.

Для оцінки суб'єктивного сприйняття людиною звуків різної частоти введені частотно-скоректовані характеристики шумомірів  $A$ ,  $B$  та  $C$ . **Характеристика  $A$**  дозволяє дати інтегральну оцінку рівня шуму, близьку до оцінки цього шуму людиною (здійснюється моделювання сприйняття шуму вухом людини – не виділяються окремі частоти, низькі частоти зрізаються, а більш об'єктивно заміряються високі частоти). Результат записують із вказівкою назви діапазону шумоміра, наприклад 50 дБА.

Шум може бути представлений у вигляді суми гармонічних коливань. Розкладання шуму на гармонічні складові (на окремі тони) називають спектральним аналізом. В залежності від

характеру шуму його спектр може бути дискретним (тональним), безперервним (широкопосмуговим) або змішаним. Звуковий діапазон частот ділиться на 3 області: низькочастотну (16 - 400 Гц), середньочастотну (400 - 1000 Гц) та високочастотну (1000 - 20000 Гц). Найбільш чутливе вухо до коливань в діапазоні частот від 1000 до 3000 Гц.

При аналізі шуму спектр (діапазон звукових частот) розбивають на октавні смуги, в яких верхня частота у 2 рази більша за нижню. Смуга характеризується середньгеометричною частотою  $f_{с.г}$ , Гц:

$$f_{с.г} = (f_v \cdot f_n)^{1/2},$$

де  $f_v$ ,  $f_n$  – верхня та нижня частоти смуги (октави), Гц.

Прийняті наступні середньгеометричні частоти: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц. За еталонну частоту при нормуванні рівня шуму прийнято частоту 1000 Гц.

**Направленість** джерела шуму. Джерела шуму часто випромінюють енергію нерівномірно у всіх напрямках, оскільки характеризуються певною спрямованістю випромінювання. Це характеризується фактором направленості  $\Phi$  та показником направленості  $G$ . Фактор направленості визначається відношенням інтенсивності, що створюється направленим джерелом в даній точці,  $I$  до інтенсивності  $I_{ср}$ , яку б розвинуло у цій же точці ненаправлене джерело, яке має ту ж звукову потужність та випромінює звук у всі сторони однаково:

$$\Phi = I / I_{ср} \quad G = 10 \lg \Phi.$$

За часовими характеристиками шуми бувають: постійними (рівень змінюється не більше ніж на 5 дБ А за 8-годинний робочий день), непостійні (переривчасті, імпульсні, мінливі у часі).

За походженням шум може бути: механічний, аеродинамічний, гідродинамічний, електромагнітний.

**Нормування** шумів в робочих приміщеннях здійснюється у відповідності до ГОСТ 12.1.003-89 ССБТ «Шум. Общие требования безопасности». При нормуванні шуму використовують 2 метода: нормування за граничним спектром шуму (принцип нормування шуму на основі граничних спектрів в октавних смугах частот) та нормування рівня звуку в децибелах за шкалою А - дБА (здійснюється інтегральна оцінка всього шуму, на відміну від спектральної).

**Перший метод** є основним для постійних шумів. Тут нормуються рівні звукових тисків у 8 октавних смугах. Сукупність 8 допустимих рівнів звукового тиску називають граничним спектром (ГС). При цьому із збільшенням частоти допустимі рівні зменшуються. Вид граничного спектра для даного приміщення визначається характером робіт, що виконуються. Номер граничного спектра чисельно дорівнює допустимому рівню шуму в октавній смузі із середньгеометричною частотою 1 кГц. Наприклад, ГС-80: при частоті 63 Гц - 99 дБ, при 125 Гц - 92 дБ, при 250 Гц - 86 дБ, при 500 Гц - 83 дБ, при 1000 Гц - 80 дБ, при 2000 Гц - 78 дБ, при 4000 Гц - 76 дБ, при 8000 Гц - 74 дБ.

Згідно до ГОСТ рекомендуються наступні граничні спектри:

- постійні робочі місця та робочі зони у виробничих приміщеннях - ГС-80;
- приміщення програмістів, лабораторій для теоретичних робіт - ГС-45;
- управлінські приміщення - ГС-55;
- приміщення для проведення експериментальних робіт - ГС-75.

**Другий метод** застосовують для орієнтованої оцінки постійного та непостійного шуму в тих випадках, коли не відомий спектр шуму. Рівень шуму, виміряний за шкалою А шумоміра, називається еквівалентним рівнем звуку (дБА).

Еквівалентний рівень звуку (ЛдБА) пов'язаний з номером граничного спектра (№ГС) наступною залежністю:

$$ЛдБА = №ГС + 5.$$

Для тонального та імпульсного шуму допустимі рівні приймаються на 5 дБ меншими за значення, наведені в ГОСТах.

Шум в житлових приміщеннях нормується ГОСТ 12.1.036-81 ССБТ. «Допустимые уровни шума в жилых и общественных зданиях» на рівні 40 дБА вдень та 30 дБА в нічний час.

Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях згідно до ГОСТ 12.003-76 наведені в табл.1.

Таблиця 1

**Допустимі рівні звукового тиску**

Робоче місце	Рівень звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								Еквівалентний рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Лабораторії для теоретичних робіт	71	61	54	49	45	42	40	38	<b>50</b>
Постійні робочі місця та робочі зони у робочих приміщеннях	99	92	86	83	80	8	6	4	<b>85</b>

Для зниження шуму застосовують наступні методи: зменшення шуму в джерелі; зміна напрямку випромінювання; раціональне планування приміщень; акустична обробка приміщень; зменшення шуму на шляху його розповсюдження. Найбільш раціональним є метод зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення технологічних процесів та обладнання (наприклад, заміна металу на пластмаси). Часто зниження шуму досягається шляхом звукоізоляції джерела та влаштування глушників. Зниження шуму також можна забезпечити шляхом раціонального планування приміщень. При цьому найбільш шумні приміщення мають бути сконцентровані в одному-двох місцях. Відстань між шумними приміщеннями та тихими приміщеннями має забезпечувати зниження звуків. Всередині будівлі тихі приміщення необхідно розташовувати у віддаленні від шумних таким чином, щоб їх розділяло декілька інших приміщень або огорож із доброю звукоізоляцією. Найбільш шумні машини та механізми закривають звукоізолюючими кожухами, екранами (звукопоглинальними, звукоізолюючими) та кабінами, локалізуючи таким чином джерело шуму. У тих випадках, коли неможливо ізолювати шумні машини, або у зв'язку із необхідністю слідкувати за робочим процесом пульт керування машин заключають у звукоізолювану кабінку із оглядовим вікном, при цьому приміщення кабіни акустично обробляють.

Таким чином, зниження шуму може бути досягнуто:

- технічними заходами боротьби із шумом (застосуванням технологічних процесів, при яких рівень звукового тиску на робочих місцях не перевищує допустимих норм; зменшення шуму в джерелі; зменшення шуму по шляху його розповсюдження та інш.);
- будівельно-акустичними заходами (об'єднання шумних об'єктів у єдиний блок, вибір будівельних матеріалів, озеленення);
- застосуванням дистанційного управління шумними машинами;
- застосуванням засобів індивідуального захисту;
- організаційними заходами (віддалення робочих місць з шумних зон, вибором раціонального режиму праці та відпочинку, скороченням часу знаходження у шумних умовах, додатковий відпочинок робітників шумних приміщень);
- лікувально-профілактичними заходами (застосування засобів індивідуального захисту (наушники, шоломи, вкладиші).

Акустичні розрахунки виконуються на стадії проектування робочих місць, ділянок робочих приміщень. Вихідні дані для розрахунків: акустична характеристика приміщення, розміщення обладнання на ділянці (план), шумові характеристики робочого приміщення (рівень

звукової потужності). Задача розрахунку – визначення рівня звукового тиску у розрахункових точках, необхідного зниження шуму і розробка заходів щодо зниження шуму до допустимих величин.

При дії джерела шуму з рівнем звукової потужності  $L_N$  рівень інтенсивності шуму  $L$  у розрахунковій точці визначається виразом:

$$L = L_N + G - 10 \lg(2\pi r^2) + \Delta L,$$

де  $G$  – показник направленості;

$r$  – відстань від джерела шуму до розрахункової точки, м;

$\Delta L$  – затухання (згасання) звуку, дБ, за рахунок подолання різних перешкод, при відсутності перешкод і невеликих (до 50м) відстанях дорівнює нулю.

Акустичні розрахунки полягають у визначенні рівня шуму в розрахункових точках. Якщо в розрахункову точку потрапляє шум від декількох джерел, то сумарний рівень шуму  $\sum L$ , дБ, знаходиться за формулою:

$$\sum L = 10 \lg(10^{0,1L_{r_1}} + 10^{0,1L_{r_2}} + \dots + 10^{0,1L_{r_n}}) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{r_i}}. \quad (2)$$

Якщо  $\sum L$  визначається для  $n$  однакових (рівношумових) джерел, то формула (2) спрощується:

$$\sum L_i = L_i + 10 \lg n, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість рівношумових джерел.

При визначенні рівня шуму, який потрапляє в розрахункову точку від джерела шуму, яке знаходиться на відстані  $r$ , можна користуватись виразом

$$L_{r_i} = \sum L_i - 10 \lg(2\pi r^2), \quad (4)$$

де  $L_r$  – рівень шуму в розрахунковій точці, дБ;

$L_i$  – рівень шуму в джерелі, яке знаходиться на відстані  $r$ , м, від розрахункової точки, дБ.

### Вимір параметрів робочого шуму

Вимір рівня шуму здійснюється за допомогою приладу - шумоміру. Принцип його роботи заснований на перетворенні звукових коливань в електричну напругу, яка підсилюється, випрямляється та вимірюється стрілочним приладом, проградуєтованим в децибелах.

Увага! Робоче положення приладу є горизонтальним.

**Порядок підготовки шумоміру Ш – 71 є наступним:**

- натиснути кнопку «Вкл.». Індикація увімкненого стану приладу здійснюється спалахами неонові лампи на лицьовій панелі;

- натиснути кнопку «Бат.», впевнитись, що стрілка приладу знаходиться в межах контрольного сектору;

- натиснути кнопку «ПР» та перевірити положення стрілки на шкалі приладу. Після закінчення часу само прогріву (1 хв.) вона має знаходитись на контрольній помітці «А»;

- встановити мікрофон. Треба мати на увазі, що приєднувальний роз'єм, вмонтований на приладі нерухомо, закріплений до його корпусу, обертається тільки зовнішня конічна гайка. При приєднанні роз'єму мікрофону до приладу слід спочатку з'єднати роз'єм по шліцьовому з'єднанню, а потім, утримуючи мікрофон нерухомо, наvertати (проти ходу годинникової стрілки) на нього гайку роз'єму, закріпленого на приладі. При вимірюванні шумів до 60 дБ увімкнути кнопку «А» на лицьовій панелі, вище 60 дБ – увімкнути кнопку «С». Для ввімкнення необхідної межі вимірювань використовують набір кнопок на правій панелі. Для демпфування показників стрілки приладу увімкнути кнопку на лівій панелі.

Після пророблених операцій прилад готовий до роботи. Заміри здійснювати на об'єктах на відстані 1 м від джерела шуму. Для ввімкнення приладу необхідно всі кнопки привести у вихідне положення: кнопки із залежною фіксацією – шлях легкого натискання поруч розташованої кнопки, а кнопки із незалежною фіксацією «Вкл.» та «F» - шляхом повторного їх натискання.

### Розрахунок параметрів робочого шуму

Для засвоєння методики розрахунку робочого шуму кожний студент виконує індивідуальне завдання.

**Задача.** Визначити загальний рівень звукової потужності шуму  $\sum L$  від обладнання в розрахунковій точці для робочого приміщення. Розрахувати необхідне зниження шуму на даному робочому місці. Вихідні дані наведені в табл. 2.

Таблиця 2

#### Вихідні дані для індивідуального завдання

Передостання цифра варіанта	Характеристика джерел шуму						Остання цифра варіанта	Характеристика джерел шуму 3-ї групи		
	1-а група			2-а група				$L_i$	n	r
	$L_i$	n	r	$L_i$	n	r				
0	80	6	5	85	3	8	0	95	5	7
1	72	5	10	90	3	9	1	90	6	4
2	75	4	8	80	5	7	2	78	3	5
3	86	5	20	99	5	6	3	82	5	6
4	90	3	10	76	4	5	4	85	8	5
5	88	4	15	83	3	4	5	74	9	3
6	105	3	16	92	4	9	6	89	4	7
7	103	2	12	90	4	8	7	83	6	5
8	102	6	5	85	3	7	8	90	2	9
9	70	4	18	80	5	6	9	75	8	6

**Примітка.** 1. В таблиці використані наступні позначення:

$L_i$  – рівень звукової потужності кожного з рівношумових джерел, дБ;

n – кількість рівношумових джерел;

r – середня відстань від розрахункової точки до групи рівно шумових джерел, м.

2. Умови роботи (табл. 1) прийняти наступними:

а) для усіх парних варіантів (2, 4, 6, ...) – лабораторії для теоретичних робіт;

б) для усіх непарних варіантів (1, 3, 5, ...) – постійні робочі місця.

У вирішенні задачі навести ескіз розташування груп джерел шуму відносно розрахункової точки. Зміною відстані до джерела та затуханням звуку в межах кожної групи можна знехтувати.

#### Порядок виконання індивідуального завдання:

1. Скласти ескіз розрахункової схеми задачі.

2. Визначити сумарний рівень шуму в межах кожної групи рівно шумових джерел за формулою (3).

3. Визначити рівень шуму у розрахунковій точці, що створюється кожною групою джерел окремо, за формулою (4).

4. Здійснити сумування рівнів звукової потужності всіх груп джерел шуму для розрахункової точки за формулою (2).

5. Порівняти одержаний результат із допустимим рівнем шуму (табл. 1) та знайти у потрібних випадках необхідне зниження рівня шуму для даного робочого місця. На основі одержаних даних та аналізу літературних джерел запропонувати основні напрямки захисту працюючих від шуму.

## Контрольні запитання

1. Що собою являє робочий шум? Який вплив робочий шум здійснює на людину та які захворювання може викликати?
2. Охарактеризуйте основні види та характеристики шуму.
3. З якою метою введена характеристика «рівень шуму»?
4. Як поділяють шуми за часовими факторами?
5. Охарактеризуйте методи захисту працюючих від шуму.
6. Поясніть принцип роботи шумоміра Ш-71.
7. У чому полягає нормування робочого шуму? В яких випадках застосовують нормування шуму за еквівалентним рівнем?
8. Що таке направленість джерела шуму? Які показники використовують для характеристики направленості джерела шуму?
9. Поясніть що собою являє середньгеометрична частота октави, де вона використовується та що характеризує?
10. У чому полягає дія на людину шуму, інфра- та ультразвуку?
11. Яким чином відбувається нормування дія інфра- та ультразвуку для працюючих?
12. Які існують джерела виникнення інфра- та ультразвуку?
13. Охарактеризуйте основні методи захисту працюючих від інфра- та ультразвуку.
14. Яку дію чинить на працюючих вібрація в процесі праці?
15. Як відбувається нормування вібрації на людину у процесі праці?
16. Які існують джерела виникнення вібрації?
14. Охарактеризуйте основні методи захисту працюючих від виробничих вібрацій.
15. Шумозахисні зелені насадження.

## Тестові завдання для перевірки підготовки студентів до практичної роботи 3

*I Доповніть твердження, написавши слова у відповідному відмінку:*

- 1 Відносна величина, введена для зручності оцінки шуму, називається ...
- 2 Частотно-коректована характеристика шумоміра, що дозволяє дати інтегральну оцінку рівня шуму, близьку до оцінки цього шуму людиною, називається...
- 3 Принцип нормування шуму, при якому здійснюється інтегральна оцінка всього шуму, називається ...
- 4 Принцип нормування шуму на підставі встановлення допустимих рівнів в октавних смугах частот називається ...
- 5 Величина, якій відповідає збільшення інтенсивності звуку на порозі чутності в 10 разів, називається ...
- 6 Шум, рівень якого міняється не більше ніж на 5 дБ А за 8-годинний робочий день, називається ...

*II Перерахуйте всі види (властивості) вказаного предмету (явища):*

- 7 Виробничий шум має 6 основних характеристик: ...
- 8 Основними методами захисту працюючих від виробничого шуму є: ...

*III Вкажіть номер правильної відповіді*

- 9 Вимірювання рівня звуку здійснюється за допомогою приладу:
  - А) частотомір
  - Б) шумомір
  - В) звукомір
  - Г) люксметр

10 Метод нормування шуму, при якому здійснюється інтегральна оцінка всього шуму, називається:

- А) нормування по граничному спектру шуму
- Б) нормування рівня звуку в децибелах за шкалою А
- В) нормування шуму в октавних смугах частот
- Г) нормування по тимчасових характеристиках

*IV Вкажіть номери всіх правильних відповідей*

11. Для зниження шуму застосовуються наступні методи:

- А) збільшення розмірів приміщення
- Б) нормування шуму по рівню
- В) акустична обробка приміщень
- Г) зменшення шуму в джерелі

12. Середньгеометрична частота октави використовується:

- А) для орієнтовної оцінки рівня звуку
- Б) при нормуванні шуму по граничному спектру
- В) для однозначного визначення октавної смуги
- Г) при нормуванні шуму по еквівалентному рівню звуку

*V Встановіть відповідність у вигляді комбінації цифр і букв*

13. Виробничий шум класифікується на наступні види:

Тип класифікації	Вид шуму
А) по частоті коливань	1) постійні коливання 2) механічні коливання 3) звукові коливання
Б) по тимчасових характеристиках	4) коливання, що заважають 5) непостійні коливання 6) інфразвукові коливання
В) за походженням	7) гідродинамічні коливання 8) травмуючі коливання
Г) за характером порушень фізіологічних функцій людини	9) коливання, що коливаються 10) дратівливі коливання 11) аеродинамічні коливання 12) ультразвукові коливання

14. Характеристики виробничого шуму і їх одиниці вимірювання:

Характеристика шуму	Одиниці вимірювання
А) Інтенсивність звуку	1) дБ
Б) Рівень звуку	2) Вт/м <sup>2</sup>
В) Частота коливань	3) Па
Г) Рівень тиску	4) Гц
Д) Звуковий тиск	5) Вт
Е) Звукова потужність	6) дБ А

### Рекомендована література

1. Дементий Л.В., Юсіна А.Л. Обеспечение безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие /Л.В. Дементий, А.Л. Юсіна. – Краматорск: ДГМА, 2008. – 300 с.

2. Краткий конспект лекцій по курсу «Основы охраны труда». Ч.2: Учеб. пособие / Дементий Л.В., Чижиков Г.И., Глиняная Н.М. – Краматорск: ДГМА, 2000. - 104 с.