

**Міністерство освіти і науки України**  
**Київський національний університет будівництва та архітектури**

**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

Затверджено  
на засіданні кафедри  
Охорона праці та  
навколишнього середовища  
Протокол № 3 від 17. 10. 2017 р.

Київ - 2017 р.

УДК  
ББК 30н  
Д70

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 / Уклад.: В.Т. Кравчук, В.Г. Дзюбенко, О.Г. Дедечек – К.: КНУБА, 2017. – 27 с.

Укладачі: В.Т. Кравчук, канд. техн. наук, доцент  
В.Г. Дзюбенко, канд. техн. наук, доцент  
О.Г. Дедечек, інженер

Рецензент І.В. Клімова, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, докт. техн. наук, професор

Розглянуто загальні положення про шум, роботу комплексу шумовимірювальної апаратури, основні принципи і методи гігієнічного нормування виробничого шуму та засоби захисту від нього.

Призначено для студентів усіх спеціальностей і форм навчання під час виконання лабораторної роботи з метою закріплення теоретичного курсу.

## Тема: Дослідження параметрів виробничого шуму і методів захисту

**Мета лабораторної роботи** – вивчити основні положення щодо впливу виробничого шуму і окремих акустичних параметрів на організм працюючих; ознайомитись з існуючими методами і засобами вимірювання параметрів шуму; навчитись класифікувати та оцінювати виробничі шуми; освоїти нормування акустичних параметрів при виконанні санітарно-гігієнічного оцінювання виробничого шуму; навчитись аналізувати отримані характеристики виробничого шуму і призначати рекомендації щодо заходів по зменшенню його дії на організм працюючих.

**Завдання лабораторної роботи** – вивчити методи і засоби вимірювання виробничого шуму; виміряти параметри і дати гігієнічну оцінку виробничого шуму.

### Короткі теоретичні відомості

**Виробничий шум** – це невпорядковане поєднання сукупності акустичних (звукових) коливань різних за частотою та інтенсивністю (силою).

**Звукові коливання** являють собою коливання часточок пружних середовищ (газоподібних, рідких і твердих) у вигляді подовжніх хвиль з частотою, що лежить в межах сприйняття людським вухом, а у вільному просторі – у вигляді об'ємних хвиль із сферичним поширенням.

**Швидкість** їх розповсюдження визначається *щільністю і пружними властивостями середовища*; для газоподібного середовища істотним є вплив *температури*.

В останньому випадку, наприклад, **швидкість поширення звуку в повітрі**, можливо розрахувати за формулою:

$$V_{\text{пов}} = 20,04\sqrt{273+T_c}, \text{ м/с}$$

де  $T_c$  – температура повітря, °С.

Відомо, що при  $T_c = 0^\circ\text{C}$  швидкість звуку в повітрі дорівнює 330 м/с, але вже при  $T_c = 21^\circ\text{C}$  її величина складає 344 м/с. Тобто, із підвищенням температури повітря на  $1^\circ\text{C}$  швидкість поширення звуку в ньому зростає, приблизно, на 0,61 м/с.

**В інших матеріальних середовищах швидкість звуку** змінюється в широких межах залежно від щільності матеріалу.

Наприклад, у гумі – 40 м/с, у корку – 500 м/с, у прісній воді – 1433 м/с, солоній воді – 1540 м/с, у дереві – 3962 м/с, у цегляній кладці – 3600 м/с, у бетоні – 4000 м/с, у сталі – 5029 м/с, у граніті – близько 6000 м/с.

Залежно від того, яким середовищем поширюється звук, походить його назва – **повітряний, гідравлічний** (відповідно у повітрі, газах або рідинах), чи **корпусний або структурний** – той, що розповсюджується в інженерних конструкціях.

Простір, в якому поширюється акустична хвиля називається **звуковим полем**, параметри якого визначаються такими показниками:

- 1) **частотою звукових коливань** (Гц);
- 2) **інтенсивністю (силою) звуку** ( $\text{Вт/м}^2$ ) та **звуковим тиском** ( $\text{Н/м}^2$ ; Па).

Частота коливань вимірюється у герцах. 1 Гц дорівнює одному коливанню за секунду

**Слуховий апарат людини сприймає акустичні коливання в частотному діапазоні від 16 до  $20 \cdot 10^3$  Гц.**

Звукові хвилі з частотою **менше 16 Гц знаходяться в діапазоні інфразвукових коливань**; від  $20 \cdot 10^3$  Гц до  $10^9$  Гц – в межах **ультразвуку**. Ділянку частотного діапазону **вище  $10^9$  Гц складають гіперзвукові коливання**.

Частотна характеристика звукового діапазону зображена на рис.1.

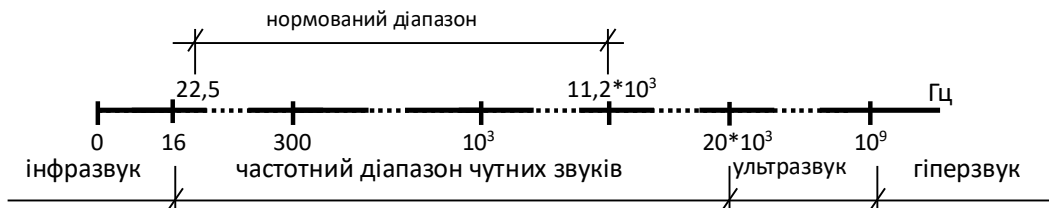


Рис. 1. Частотна характеристика звукового діапазону

Проте, незважаючи на удавану невідчутність, **інфразвукові і ультразвукові коливання в певній мірі небезпечні для здоров'я людини.**

Оскільки слуховий апарат людини найбільш чутливий до звуків з частотою коливань у межах від 700 до 6000 Гц ( у цьому діапазоні вухо сприймає звуки інтенсивністю  $10^{-12}$  до  $10^{-11}$   $\text{Вт/м}^2$  ), тому фахівців з питань виробничої санітарії, фізіології людини, гігієни та охорони праці, в першу чергу цікавить наявність високочастотних складових звукових коливань у спектрі шуму, як найбільш шкідливих при дії на центральну нервову систему.

**Виробничі шуми за частотною характеристикою поділяються на:**

- **низькочастотні** – від 16 до 300 Гц;
- **середньочастотні** – від 300 до 1000 Гц;
- **високочастотні** – понад 1000 Гц.

У слуховому сприйнятті звуку **суб'єктивно розрізняються висота (тон), гучність і тембр**, які визначаються **об'єктивними характеристиками звукової хвилі – частотою коливань, інтенсивністю звуку і гармонічним спектром**.

Частота коливань оцінюється людським вухом як висота звуку (тону). Залежність між частотою та довжиною звукової хвилі наведена на Рис.2



Рис.2. Залежність між частотою та довжиною звукової хвилі чутного діапазону.

### Загальні відомості з нормування шуму

Для технічних вимірів використовується "**нормований діапазон**", який характеризує сукупність енергетичних характеристик сприйняття шуму слуховим апаратом у діапазоні частот 22,5 – 11200 Гц (табл. 1).

Таблиця 1

Граничні частоти октавних смуг									
Середньогомет- ричні частоти октавних смуг, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Граничні частоти октавних смуг, Гц	22,5- 45,0	45-90	90- 180	180- 355	355- 710	710- 1400	1400- 2800	2800- 5600	5600- 11200

Відповідно до ДСН 3.3.6.037 - 99 « Державні санітарні норми. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку » весь нормований діапазон відчутних шумів поділено на дев'ять інтервалів (октав). **Октавою або октавною смугою** називають діапазон частот, у кожному з яких значення верхньої граничної частоти ( $f_v$ ) у два рази більше нижньої ( $f_n$ ), тобто  $f_v/f_n=2$ . Кожна з октав характеризується середньогометричною частотою, що вирахована за граничними значеннями октавної смуги і має відповідати співвідношенню значень верхньої і нижньої частоти:

$$f_{cp} = \sqrt{f_n \cdot f_v} \text{ (Гц)}$$

Якщо  $f_v/f_n = 1,4$  або  $f_v/f_n=1.26$  – такі смуги називаються відповідно: напівоктавними і третинооктавними й використовуються при дослідженні тональних шумів.

Для постійних широкосмугових шумів нормування ведеться за **граничним спектром** шуму. Граничним спектром, що позначається індексом - ГС, зветься 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, граничний спектр ГС-75 означає, що в цьому граничному спектрі допустимий рівень звукового тиску в октавній смузі з середньгеометричною частотою 1000 Гц дорівнює 75 дБ.

В акустиці частота 1000 Гц прийнята як стандартна частота порівняння, тому мінімальне граничне значення звукового тиску –  $P_{\text{мін}} = 2 \cdot 10^{-5}$  Па відповідає терміну "**поріг чутності**" ( $L_{\text{мін}} = 0$  дБ) лише на частоті 1000 Гц, тобто, "поріг чутності" для звуків інших частот буде іншим. Або, навпаки, максимальне граничне значення звукового тиску –  $P_{\text{мак}} = 2 \cdot 10^2$  Па відповідає терміну "**поріг болювого відчуття**" ( $L_{\text{мак}} = 140$  дБ) також лише на частоті 1000 Гц. Область звукового поля, що лежить між цими двома кривими ("поріг чутності" і "поріг болювого відчуття") називається **областю слухового сприйняття**" (рис.3). Область людської мови ( $L = 40-70$  дБ за  $f = 200 - 5000$  Гц), зазвичай знаходиться всередині цієї зони.

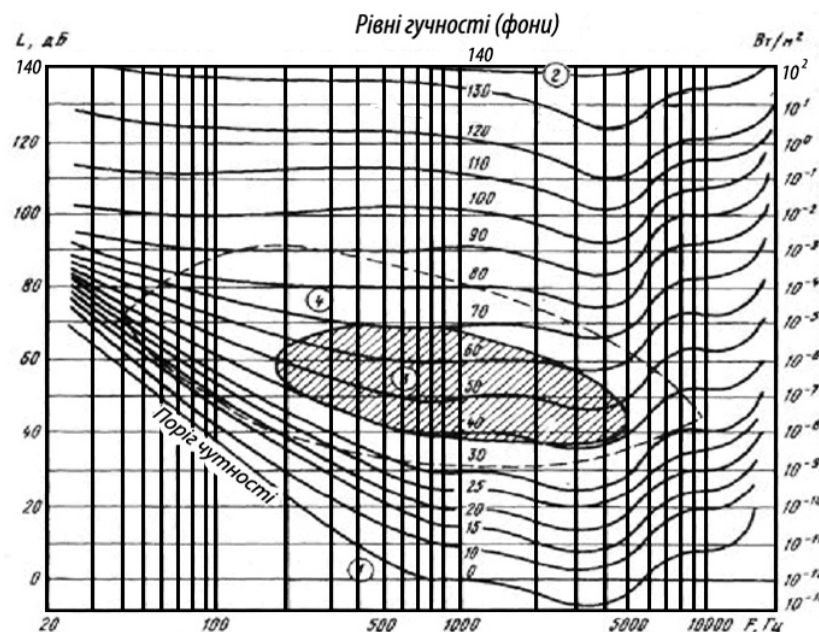


Рис.3. Область слухового сприйняття людини:

- 1 - поріг чутності;
- 2 - поріг болювого відчуття;
- 3 - область частот людської мови;
- 4 - область частот музичних передач.

**Гучність (сила) звуку** визначається його інтенсивністю – щільністю потоку енергії звукової хвилі.

**Інтенсивність звуку** – величина векторна, що має напрямок перенесення енергії у звуковому полі.

Зміна стану середовища (звукового поля) при поширенні в ньому звукової хвилі характеризується звуковим тиском.

**Звуковим (акустичним) тиском (P)** називається змінний надлишковий тиск, що виникає в пружному середовищі при проходженні через нього звукової хвилі. Одиниця виміру в Міжнародній системі одиниць (СІ) - паскаль (Па).

$$P = \rho v \omega A \cos \omega t,$$

де  $\rho$  – щільність середовища, кг/м<sup>3</sup>;

$v$  – швидкість звуку у середовищі, м/с;

$\omega$  – кругова частота, рад/с;

$A$  – амплітуда коливань, м;

( $\rho v$  – питомий акустичний опір середовища, складовими якого є щільність середовища і швидкість розповсюдження звукової хвилі в ньому).

Миттєве значення звукового тиску в точці середовища змінюється як з часом, так і при переході до інших точок середовища, тому практичний інтерес представляє середньоквадратичне значення цієї величини, пов'язане з інтенсивністю (силою) звуку:

$$I = P^2/\rho v.$$

В акустичній практиці прийнято користуватись вимірами і розрахунками відповідних параметрів не в абсолютних величинах, згідно лінійної шкали обчислень, а їх відносними логарифмічними показниками – відповідно "рівень інтенсивності" та "рівень звукового тиску" (Рис.4). Зроблено це з двох причин.

По-перше, діапазон змін акустичних параметрів (інтенсивності звуку, звукового тиску

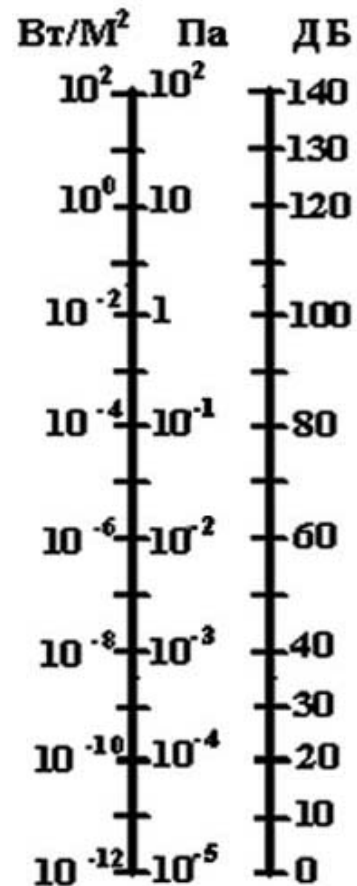


Рис.4. Співвідношення між величинами інтенсивності (I), звукового тиску (P) і рівнів L<sub>I</sub> та L<sub>P</sub>.

тощо) надзвичайно широкий – до 14 порядків, а по-друге – слуховий апарат людини сприймає зміни цих параметрів за логарифмічним законом, тобто у відносній залежності, а не абсолютній.

Звичайно, що і проводити необхідні математичні обчислення за таких обставин надзвичайно складно.

**Мірою чутливості органів слуху до сприйняття звукових хвиль інтенсивністю -  $I$  є рівень інтенсивності**, що знаходиться із співвідношення:

$$L_i = 10Lg \cdot I/I_0,$$

де  $L_i$  – рівень інтенсивності, дБ;

$I_0$  – стандартний поріг чутності –  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>;

$I$  – виміряна величина інтенсивності звуку, Вт/м<sup>2</sup>.

За одиницю вимірювання рівня інтенсивності звуку прийнято децибел (дБ) – рівень інтенсивності звуку, що перевищує стандартний поріг чутності в 1,26 разів, тобто 1 дБ = 1,26  $I_0$ . Рівень інтенсивності різних шумів на відстані 1 м від джерела складає, дБ:

- шепіт – 10 – 20;

- голосна мова – 60 – 70;

- шум вулиці – 70 – 80;

- електропоїзд – 110;

- реактивний двигун – 130 – 140.

**Фізіологічна дія шуму на людину визначається відчуттям його гучності**, яка пропорційна логарифму квадрата звукового тиску.

Рівень звукового тиску знаходиться із співвідношення:

$$L_p = 10Lg \cdot p^2/p_0^2 = 20Lg \cdot p/p_0,$$

де  $p$  – середньоквадратичний звуковий тиск у даній смузі частоти, Па;

$p_0$  – середньоквадратичний звуковий тиск порогу чутності,  $2 \cdot 10^{-5}$  Па.

Якщо зважити на те, що поріг больового відчуття має цілком певні значення, а саме,  $I_6 = 10^2$  Вт/м<sup>2</sup>;  $P_6 = 2 \cdot 10^2$  Па, тоді діапазон чутних звуків можна визначити співвідношеннями:

$$L_i = 10lg \frac{I_6}{I_0} = 10lg \frac{10^2}{10^{-12}} = 10 \cdot 14 = 140 \text{ (дБ)}$$

$$L_p = 20lg \frac{P_6}{P_0} = 20lg \frac{2 \cdot 10^2}{2 \cdot 10^{-5}} = 20 \cdot 7 = 140 \text{ (дБ)}$$

Таким чином, динамічний діапазон чутних звуків знаходиться у межах від 0 до 140 дБ (дивись рис. 3).

**В інженерній практиці для характеристики виробничого шуму в основному використовуються частотний спектр і рівні звукового тиску і інтенсивності.**



**Спектральний аналіз шуму** виконують за допомогою вимірювачів рівня шуму, що мають набори електричних фільтрів, які пропускають сигнали звукових хвиль у відповідних октавних смугах.

**Спектром шуму** називають графічне зображення спектрального складу виробничого шуму – тобто, створення графіка-діаграми на шкалі частот нормованого діапазону.

**Рівень інтенсивності використовується в акустичних розрахунках засобів шумозахисту;** він є мірою чутливості органів слуху до сприйняття звукових хвиль даної інтенсивності.

**Рівень звукового тиску використовують при вимірюванні шуму і санітарно-гігієнічній оцінці його впливу на організм людини.**

**За характером спектру** виробничі шуми поділяються на **широкосмужні** (з безперервним спектром шириною більше однієї октави) та **тональні** (у спектрі яких присутні виразні дискретні тони).

**За часовими характеристиками** виробничі шуми бувають:

- **постійні**, рівень звуку яких за 8-годинний робочий день (зміну) змінюється не більше, ніж на 5 дБА;

- **непостійні**, рівень звуку яких за 8-годинний робочий день змінюється більше, ніж на 5 дБА.

У свою чергу **непостійний шум** поділяється на:

- **мінливий у часі**, рівень звуку якого безперервно змінюється у часі (вулиця, аудиторія, цех);

- **переривчастий**, рівень звуку якого змінюється ступенево (на 5дБА і більше), причому тривалість інтервалів на протязі яких рівень залишається постійним, складає 1с і більше (звукові сигнали, забивка паль тощо);

- **імпульсний**, що складається з одного або декількох звукових сигналів кожний тривалістю менше 1с, при цьому рівні звуку, виміряні в дБА відповідно на часовій характеристиці "S" шумоміру відрізняються не менше, ніж на 7 дБ (вибух, постріл, розрив гумової кульки).

**Характеристикою постійного шуму на робочих місцях, згідно [2], є рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з середньгеометричними частотами від 31.5 до 8000 Гц нормованого діапазону (таблиця 2).**

**Характеристикою непостійного шуму на робочих місцях є інтегральний критерій – еквівалентний ( з енергії ) рівень звуку в дБА, що являє собою рівень звуку постійного широкосмугового шуму, який має той самий середньоквадратичний звуковий тиск, що і даний непостійний шум протягом певного інтервалу часу ( $L_{екв}$ ).**

Для характеристики непостійного шуму дозволяється використовувати дозу шуму або відносну дозу шуму.

**Доза шуму** – інтегральна величина, яка враховує акустичну енергію, що діє на людину за певний проміжок часу.

### **Нормування виробничого шуму**

Нормування шуму - це порівняння виміряних значень рівнів звукового тиску в октавних смугах від 31,5 до 8000 Гц з їх гранично допустимими значеннями. Відповідно до ДСН 3.3.6.037 - 99 « Державні санітарні норми. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку » [2] нормування відбувається за двома методами:

1. **За загальним рівнем звуку**, тобто виміряного шуму по шкалі А шумоміру - використовується для орієнтовної (якісної) оцінки постійного і непостійного шумів.

Рівень звуку пов'язаний з граничним спектром залежністю:

$$L_A = GС + 5 \text{ (дБА)}$$

2. **За граничним спектром (спектральний аналіз)** – основний метод дослідження постійних шумів (використовується для кількісної оцінки шуму).

Допустимі рівні звукового тиску наведені у додатку 1 " **Допустимі рівні звукового тиску у октавних смугах частот, еквівалентні рівні звуку на робочих місцях (витяг із ДСН 3.3.6.037 - 99 )**

**Якщо виміряні рівні шуму в усіх смугах спектру не перевищують нормативних значень, шум вважається допустимим і тому дозволяється працювати без використання індивідуальних засобів захисту. Якщо хоча б в одній із смуг спектру буде зафіксовано перевищення над граничним спектром – слід використовувати засоби індивідуального або колективного захисту людини від шуму. Таким чином, визначаючи еквівалентний рівень звуку, ми отримуємо інтегральну оцінку шуму (якісна характеристика), а використовуючи його спектральний аналіз у октавних смугах – кількісну характеристику, тобто ці методи доповнюють один одного.**

## Методи захисту від дії шуму

Відповідно до діючого законодавства захист від шуму може здійснюватися такими методами:

- розробкою шумобезпечної техніки;
- застосуванням засобів індивідуального або колективного захисту;
- розробкою комплексу будівельно-акустичних заходів (акустичного, архітектурно-планувального та організаційно-технічного спрямування).

З точки зору об'єкта, який необхідно захистити від шуму зазвичай застосовують засоби колективного та індивідуального захисту, до яких відносяться:

- звукоізоляція джерела шуму;
- застосування звукопоглинаючих матеріалів;
- застосування акустичних екранів.

Щодо джерел виникнення шуму: засоби колективного захисту умовно поділяють на ті, що зменшують шум у місці виникнення (тобто в джерелі) та на ті, що розташовані на шляху його розповсюдження до об'єкта сприймання.

Якщо до першої групи заходів можна віднести всі зазначені вище, а також різні глушники шуму, то до другої, безумовно, відносяться комплексні акустично-будівельні та ландшафтні заходи, а саме, раціонально-планувальні рішення (розміщення об'єктів, захист відстанню, застосування різних екранів, зелених смуг, тощо).

Дотримання цих вимог, насамперед, пов'язане з виконанням відповідних акустичних розрахунків у виробничих приміщеннях, з урахуванням кількості джерел шуму однакової або різної інтенсивності, зон прямої та відображеної дії звуку тощо.

У будь-якому випадку, насамперед, слід розрахувати сумарний рівень звукового тиску всередині приміщення (умовна розрахункова точка) від дії декількох джерел шуму.

Якщо в приміщенні -  $n$  джерел шуму з різним рівнем звукового тиску, сумарний рівень визначиться згідно формули:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}$$

де  $n$  – кількість джерел шуму;

$L_i$  – рівень звукового тиску кожного джерела, дБА.

Якщо в приміщенні -  $n$  джерел шуму з однаковим рівнем звукового тиску, сумарний рівень складає:

$$L_{\text{сум}} = L_i + 10 \lg n.$$

Допускається дещо спрощена методика розрахунку сумарного рівня звукового тиску за допомогою даних таблиці 2 або номограми (рис. 5).

Таблиця 2

Різниця двох рівнів звукового тиску ( $L_1 - L_2$ ), дБА	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Приростання рівня звукового тиску ( $\Delta L$ ), дБА	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

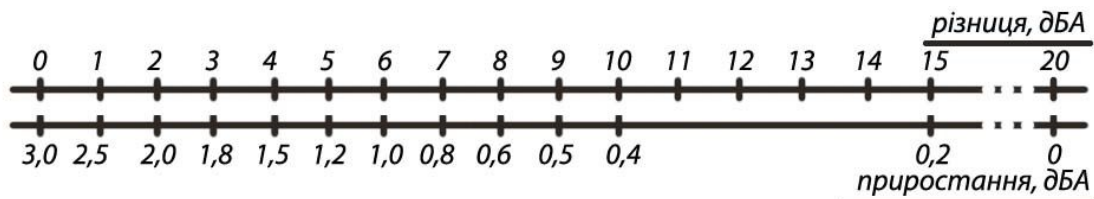


Рис.5. Номограма для визначення величини додатку при складанні рівнів звукового тиску

**Приклад.** Дослідженнями виявлені рівні звукового тиску постійного шуму різних видів устаткування у виробничому приміщенні: 84, 94 та 86 дБА. Визначити сумарний рівень, починаючи з максимального у розрахунковій точці.

Різниця між двома найбільшими рівнями: 94 і 86 складає 8 дБА, тобто значення додатку до більшої величини рівня - 0,6 дБА. Підсумовуючи, отримуємо:  $94 + 0,6 = 94,6$  дБА. Різниця між двома наступними значеннями рівнів 94,6 і 84 складає 10,6 дБА. Відповідне значення додатку до більшого рівня згідно таблиці дорівнює 0,4. Тобто, сумарний рівень тиску від дії трьох джерел шуму визначиться як:

$$94,6 + 0,4 = 95,0 \text{ дБА.}$$

**Еквівалентний рівень звуку непостійного шуму** (мінливого або переривчастого) розраховують за двома методами:

- 1) якщо при вимірюванні непостійного шуму, його рівні залишаються постійними на протязі 5 хв. і більше;
- 2) якщо непостійний шум змінюється на 5 дБА і більше менше, ніж за 5 хв.

Для першого випадку розглянемо приклад.

Дослідженнями за допомогою шумоміру та хронометражного нагляду визначені еквівалентні рівні звуку у виробничому приміщенні:  $L_{1A} = 115$  дБА (шум постійний тривалістю 2 год. 10 хв.),  $L_{2A} = 120$  дБА (шум постійний тривалістю 3 год. 15 хв.),  $L_{3A} = 95$  дБА (шум постійний тривалістю 2 год. 35 хв.).

Визначаємо сумарний еквівалентний рівень звуку у розрахунковій точці приміщення.

Користуючись даними табл. 3 визначимо величини поправок  $\Delta L_{iA}$  і додамо їх до виміряних рівнів звуку.

Таблиця 3.

	Тривалість часу, коли рівні звуку залишаються постійними, год.										
	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,25	0,1
Рівень звуку $\Delta L$ , дБА	0	0,6	-1,2	-2	-3	-4,2	-6	-9	-12	-15,1	-19

Значення величин поправок залежно від тривалості дії шуму

$$L_{1A} + \Delta L_{1A} = 115 + (-6) = 109 \text{ дБА};$$

$$L_{2A} + \Delta L_{2A} = 120 + (-4,2) = 115,8 \text{ дБА};$$

$$L_{3A} + \Delta L_{3A} = 95 + (-4,2) = 90,8 \text{ дБА}.$$

Далі, згідно з табл. 3 визначають сумарний еквівалентний рівень звуку, підсумовуючи отримані рівні з додатками.

Для цього знаходять різницю між двома найбільшими рівнями:

$$115,8 - 109 = 6,8 \text{ дБА. .}$$

Відповідне значення додатку з табл. 3 дорівнює - 0,8 дБА.

Отримуємо:  $115,8 + 0,8 = 116,6$  дБА.

Різниця між отриманим значенням і найменшим з виміряних рівнів:

$$116,6 - 90,8 = 25,8 \text{ дБА}.$$

Згідно з даними табл. 3 додаток дорівнює нулю. Таким чином, сумарний еквівалентний рівень звуку у виробничому приміщенні буде 116,6 дБА.

Щоб розрахувати еквівалентний рівень звуку в іншому випадку, коли непостійний шум змінюється на величину 5 дБА і більше, швидше, ніж за 5 хвилин, необхідно зробити наступне. Вимірювальний прилад перемкнути у режим "А". Вимірювання проводити з інтервалом у 5 секунд тривалістю 30 хвилин. За цей час буде отримано 360 даних, які необхідно підрахувати за спеціальною методикою [7].

### Методи вимірювання шуму поділяються на:

- **стандартні** (визначені в міжнародних, державних і галузевих стандартах);
- **нестандартні** (що розробляються для вирішення конкретних завдань).

Стандартні методи поділяються на точні, технічні та орієнтовні.

Для вимірювання шуму застосовують: шумоміри, смужні фільтри, аналізатори, мікрофони, реєстраційні прилади, магнітофони тощо.

Шумоміри складаються з мікрофону, підсилювача, частотних фільтрів (аналізаторів) і вимірювального приладу.

Вимірювання шуму складається з вимірювання стандартних шумових характеристик джерел шуму, якими є:

- рівень звукового тиску в октавній або 1/3 октавній смузі частот в контрольних точках  $L_i$ , дБ;
- рівень, звуку, виміряний шумоміром за частотною характеристикою  $A$  в контрольних точках  $L_A$ , дБА;
- рівень звукової потужності в октавних і 1/3 октавних смугах частот  $L_p$ , дБ;

Вимірюванню підлягають:

1. Шум у виробничому приміщенні.
2. Зменшення шуму за рахунок застосування методів звукоізоляції.
3. Зменшення шуму за рахунок застосування звукопоглинаючих матеріалів.
4. Зменшення шуму залежно від відстані до джерела.

### Дослідження параметрів шуму

Вимірювання параметрів шуму виконується на робочому стенді (рис.6).

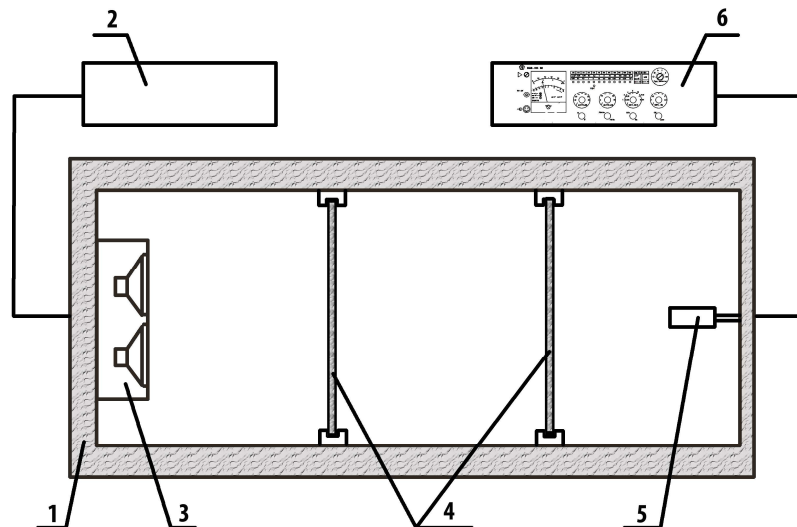


Рис.6. Стенд для вимірювання рівня звукового тиску

**Стенд** для вимірювання рівня звукового тиску у своєму складі має: *звукова камера* (1); *генератор шуму* (2); *вимірювач шуму ВШВ-003-М2* (6) (можна використовувати шумоміри інших модифікацій).

*Звукова камера* – це корпус (1), з лівого боку якого встановлено два гучномовця (3), а на протилежній стороні - вимірювальний мікрофон (5). В корпусі закріплено направляючі, у яких можливо встановлювати 1 або 2 змінних звукоізолюючих екранів (4). Екрани, залежно від мети вимірів, можуть замінюватись на інші, виготовлені з різних матеріалів.

*Генератор шуму* (2), у даному випадку, являє собою комп'ютер, що видає сигнал, аналогічний виробничому шуму, який передається на два гучномовці (3), вмонтовані у звукову камеру (1).

*Вимірювач шуму ВШВ-003-М2* (6) отримує електричний сигнал від мікрофона (5). Вимірювач призначений для вимірювання рівнів звукового тиску за частотними характеристиками А; В; С, а також в октавних смугах.

На передній панелі вимірювача шуму (рис.7) знаходяться органи керування і місця підключення додаткового обладнання:

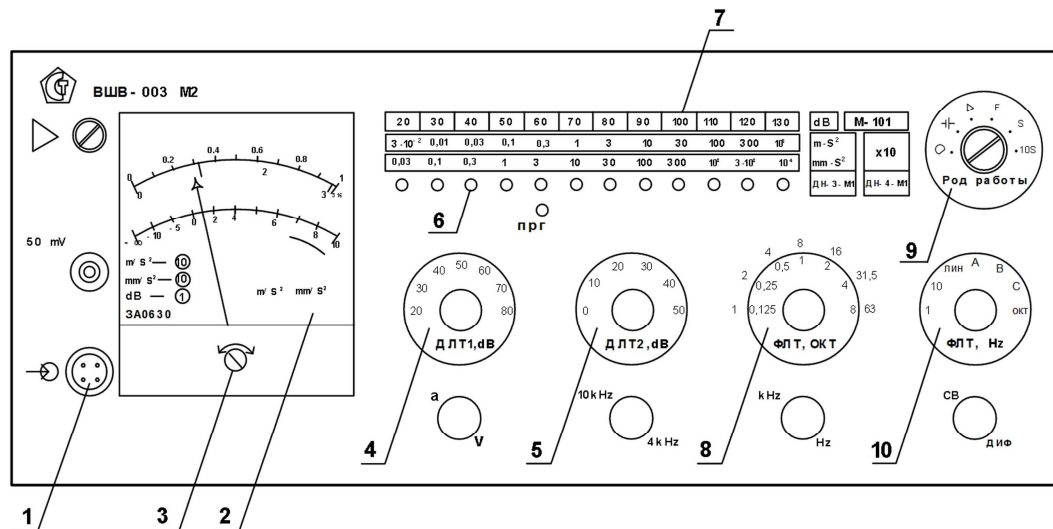


Рис.7. Органи керування та місця підключення вимірювача шуму ВШВ-003-М2

- 1 - "ВХОД" - вхід попереднього мікрофонного підсилювача;
- 2 - вимірювальний прилад М-101;
- 3 - механічний коректор нуля;
- 4 - перемикач діапазонів рівнів звуку та звукового тиску "ДЛТ1" із шкалою 20 - 80 дБ і ступенем одного перемикання 10 дБ;
- 5 - перемикач діапазонів рівнів звуку та звукового тиску "ДЛТ2" із шкалою 10 - 50 дБ і ступенем одного перемикання 10 дБ;





Номери та матеріали екранів \*

Таблиця 5.

Номер екрану	Матеріал екрану	Номер екрану	Матеріал екрану
Екран №1	Ковролін $\delta=10$ мм	Екран №5	Поролон $\delta=3$ см
Екран №2	Пінополістирол $\delta=5$ см	Екран №6	ДСП $\delta=16$ мм
Екран №3	Пінополістирол $\delta=10$ см	Екран №7	Оргаліт (ДВП)
Екран №4	Фанера $\delta=10$ мм	Екран №8	Орг. скло 4мм

\*Примітка: Матеріали екранів можуть бути змінені на аналогічні або більш ефективні.

## 2. Виміряйте шум за загальним рівнем.

### 2.1. Виміряйте рівень виробничого шуму за загальним рівнем без застосування засобів захисту.

Для цього поставте перемикачі на передній панелі приладу (див. рис. 7) у положення:

- перемикач діапазонів "ДЛТ1" - 80;
- перемикач діапазонів "ДЛТ2" - 40;
- перемикач частотних характеристик "ФЛТ, Hz" - "А";
- перемикач "РОД РАБОТЫ" - "F" (швидко)

**Примітка:** При проведенні вимірів забезпечте розташування стрілки приладу у правій половині шкали зміною положення перемикачів "ДЛТ1" та "ДЛТ2". Контролюйте набір діапазонів за допомогою світлодіодних індикаторів. При вимірюванні низькочастотних складових сигналу можливі флуктуації стрілки приладу. Для запобігання цьому, перемикач "РОД РАБОТЫ" поставте у положення "S"(повільно).

Обчисліть результат вимірювання за формулою:

$$A = \text{ДЛТ1} + \text{ДЛТ2} + n,$$

де: ДЛТ1 та ДЛТ2 – положення відповідних перемикачів;

n – показання на шкалі вимірювального приладу з відповідним знаком.

**Приклад 1:** При вимірюванні рівня звукового тиску перемикачі "ДЛТ1" та "ДЛТ2" знаходились у положеннях 30 дБА і 30 дБА відповідно.

Показання на шкалі приладу + 8 дБ. Результат вимірювання:

$$30 + 30 + 8 = 68 \text{ дБА.}$$

**Приклад 2:** При вимірюванні рівня звукового тиску перемикачі "ДЛТ1" та "ДЛТ2" знаходились у положеннях 30 дБА і 40 дБА відповідно.

Показання на шкалі приладу – 5 дБ. Результат вимірювання:

$$30 + 40 - 5 = 65 \text{ дБА.}$$

**2.2. Виміряйте рівень виробничого шуму за загальним рівнем із застосуванням засобів захисту.**

2.2.1. Виконайте по чергово виміри (аналогічно вимірам, описаним у п. 2.1) із застосуванням **звукоізолюючих** екранів (4), виготовлених із різних матеріалів згідно таблиці 5.

2.2.2. Виконайте виміри із застосуванням **звукопоглинаючих** екранів (4), виготовлених із різних матеріалів згідно таблиці 5.

2.3. Результати вимірів занесіть у графу "Екв.рівень звуку, дБА" таблиці 4.

**3. Виконайте спектральний аналіз шуму в октавних смугах частот.**

Примітка: Це вимірювання виконується тільки після проведення вимірювань за загальним рівнем (дБА).

**3.1. Виміряйте рівень виробничого шуму в октавних смугах частот без застосування засобів захисту.**

3.1.1. Поставте перемикач "ФЛТ, Hz" у положення "ОКТ".

3.1.2. Перемикачем "ЧАСТОТА" по черзі змінюйте частоти від 31,5 до 8000 Гц. При цьому, зафіксована в натисненому положенні, кнопка (kHz, Hz) відповідає шкалі частот, позначених на перемикачі "ФЛТ, ОКТ" чорним кольором, а вивільнена кнопка - шкалі частот, позначених синім кольором

Примітка: забезпечте розташування стрілки приладу у правій половині шкали зміною положення перемикачів "ДЛТ1" та "ДЛТ2".

3.1.3. Обчисліть результат вимірювання аналогічно п.2.1.

3.1.4. Результати вимірювань запишіть у таблицю 4.

**3.2. Виміряйте рівень виробничого шуму шуму в октавних смугах частот із застосуванням засобів захисту.**

3.1. Виконайте по чергово цикли вимірів (аналогічно п.3.1.) із застосуванням **звукоізолюючих** екранів (4), виготовлених із різних матеріалів згідно таблиці 5.

3.2. Виконайте по чергово цикли вимірів (аналогічно п.3.1.) із застосуванням **звукопоглинаючих** екранів 4, виготовлених із різних матеріалів згідно таблиці 5.

3.3. Вирахуйте різницю між результатами вимірів без засобів захисту та результатами вимірів з використаними екранами для оцінки їх ефективності. Отримані дані занесіть у відповідні графи таблиці 4.

3.4. За даними таблиці 4 накресліть графіки-діаграми з метою порівняння вимірних результатів з допустимими нормами за наведеними прикладами (Рис.8).

#### 4. Розрахуйте звукоізолюючу властивість екрана (перегородки).

Для однієї з частот (за узгодженням з викладачем), де відзначено перевищення виміряного рівня звукового тиску над нормативним значенням, розрахуйте зменшення шуму за екраном, виготовленим із запропонованого матеріалу за формулою:

$$L_e = 20\lg(Gf) - 60,$$

де  $f$  – частота, Гц;  $G$  – маса матеріалу  $1 \text{ м}^2$  зовнішньої поверхні екрану ( $G = \rho \cdot V$ , де  $\rho$  - питома вага матеріалу екрану,  $\text{кг/м}^3$ ;  $V$  - об'єм  $1 \text{ м}^2$  зовнішньої поверхні екрану,  $\text{м}^3$ ).

Порівняйте між собою експериментальні та розрахункові дані і поясніть можливі розбіжності.

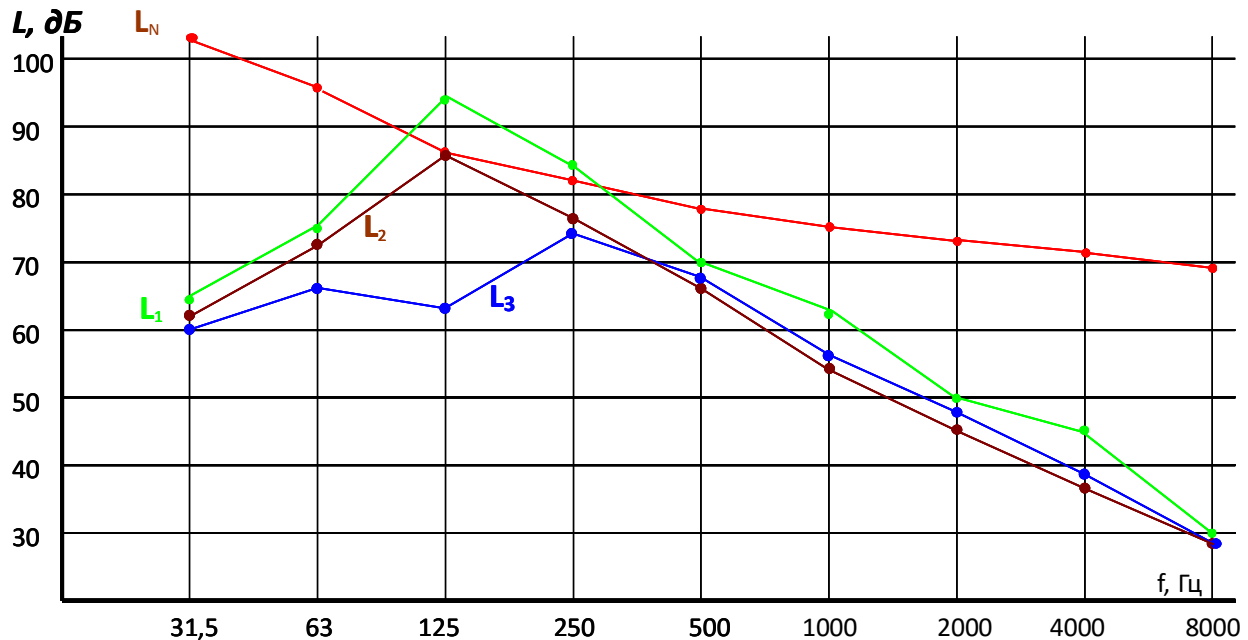


Рис.8. Приклад графіків-діаграм спектрального аналізу шуму.

#### 5. Виміряйте зміну рівня шуму від одного або двох джерел.

5.1. Увімкніть гучномовець Д1 на повну потужність, потім Д1 і Д2 разом. В обох випадках виміряйте рівні звукового тиску за загальним рівнем (в дБА). (Прийняти за умову, що шум створюваний кожним гучномовцем – однаковий).

5.2. За виміряними рівнями звукового тиску визначте сумарне значення шуму згідно формули:

$$L_c = L_i + 10 \lg N,$$

Де  $L_c$  сумарний рівень звукового тиску від декількох джерел, (дБА);

$L_i$  - вимірний рівень звукового тиску від одного джерела, (дБА);

$N=2$  – кількість джерел шуму з однаковим рівнем звукового тиску.

5.3. Занесіть результати вимірів та обчислень у таблицю 6.

5.4. Порівняйте між собою експериментальні та розрахункові дані і поясніть можливі розбіжності.

Таблиця 6

Значення	$L_1$	$L_2$	$L_{\text{сум}}$
Виміряні			
Розрахункові			

**6. Виміряйте зменшення рівня шуму залежно від відстані до джерела виникнення.**

6.1. Замініть на робочій панелі вимірювального приладу стаціонарний мікрофон на переносний з подовжувальним кабелем.

6.2. Виміряйте зміну рівня звукового тиску (за загальним рівнем в дБА) на трьох метрах віддаленості від генератора шуму, через кожні 0,5 м відстані.

6.3. Результати вимірювань запишіть у таблицю 7.

Таблиця 7

Значення	Точки сприйняття шуму					
	$l_0$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
Відстань виміру, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Виміряні рівні шуму						
Розрахункові рівні шуму						

**7. Розрахуйте ефективність зменшення шуму відстанню**

Розрахунок зміни рівня шуму (дБ) залежно від віддаленості до джерела виникнення виконайте за формулою:

$$L_R = L_0 - 10 \lg (l / l_0)^2,$$

Де  $l_0$  – контрольна (нульова) точка, відстань якої від мікрофона дорівнює 0,5 м (згідно методики вимірювань).

$L_0$  - рівень шуму в контрольній (нульовій) точці виміру;

$L_R$  - рівень шуму в точці виміру, що знаходиться на відстані  $l$  (м) від точки  $l_0$  (5 вимірів, через кожні 0,5 м від точки  $l_0$ );

$l$  – змінювана відстань, м;

Порівняйте між собою експериментальні та розрахункові дані і поясніть можливі розбіжності.

**8. Порівняйте результати вимірів з нормативними значеннями** (згідно ДСН 3.3.6.037 - 99, приведеного у Додатку 1 ) для визначеного характеру виконуваних робіт. Запропонуйте засоби захисту від шуму.

#### **Контрольні запитання до лабораторної роботи**

1. Що таке шум?
2. Дія шуму на організм людини.
3. Область чутних звуків.
4. Джерела виробничого шуму.
5. Параметри та одиниці вимірювання шуму.
6. Засоби захисту від шуму.
7. Методи вимірювання шуму.
8. Прилад для вимірювання шуму.
9. Що таке звукоізоляція?
10. Що таке звукопоглинання?
11. Як змінюється шум залежно від відстані?
12. Принципи нормування шуму.
13. Класифікація виробничих шумів.

### Список літератури

1. ДСТУ 2325-93 "Шум. Терміни та визначення".
2. ДСН 3.3.6.037 - 99 "Державні санітарні норми. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку". МОЗ України. Постанова № 37 від 01.12.1999 р.
3. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума.
5. ГОСТ 12.1.050-86. ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах.
6. ДБН В.1.1 - 31 - 2013 "Захист територій будинків і споруд від шуму".  
*На заміну СНиП 11-12-77. (Чинне від 1.06.2014).*
7. СН 3077-84 "Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки".
8. ДБН В.1.2 - 10 - 2008. "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Захист від шуму".
9. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗУ №248 від 08.04.2014р.
10. ДСТУ - 2867 - 94. "Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги".(Чинне від 1.06.1996)
11. ДСТУ- ГОСТ 23941-2004. "Шум. Методи визначення шумових характеристик. Загальні вимоги".
12. ДСТУ - НБВ.1.1 - 35: 2013. "Настанова з розрахунку шуму в приміщеннях і територіях".
13. ДСТУ - НБВ.1.1 - 34: 2013. "Настанова з розрахунку та проектування звукоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків".
14. *Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник/ Под ред. И.Х. Сологана: Т.1. - М.: Издательство стандартов, 1989.- 240с.*
15. *Осипов Г.Л. Защита зданий от шума.-М.. СИ 1972.- 355с.*
16. *Борьба с шумом на производстве: Справочник / Под.ред.Е.Я.Юдина. - М.: Машиностроение, 1985.-400с.*
17. *Ковригин С.Д. и др. Борьба с шумами в гражданских зданиях. - М.: Стандарт, 1969. -327с.*
18. Катренко Л.А., Катренко А.В., Охорона праці в галузі комп'ютерингу: Підручник.-Львів: "Магнолія 2006", 2012.-544 с.

Додаток 1.

**Допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, еквівалентні  
рівні звуку на робочих місцях  
( витяг із ДСН 3.3.6.037 - 99 )**

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні шуму та еквівалентні рівні шуму, дБА, дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Підприємства, установи, організації</b>										
1. Творча діяльність, керівна робота з підвищеними вимогами, наукова діяльність, конструювання та проектування, програмування, викладання та навчання, лікарська діяльність; робочі місця у приміщеннях - дирекції, проектно-конструкторських бюро; розраховувачів, програмістів обчислювальних машин у лабораторіях для теоретичних робіт та обробки даних, прийому хворих у медпунктах										
	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірвальні та аналітичні роботи у лабораторії: робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій										
	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Робота, що виконується з вказівками та акустичними сигналами, які часто надходять, робота, що потребує постійного слухового контролю, операторська робота за точним графіком з інструкцією, диспетчерська робота: робочі місця у приміщеннях диспетчерської служби, кабінетах та приміщеннях спостереження та дистанційного керування з мовним зв'язком по телефону, друкарських бюро, на дільницях точного складання, на телефонних та телеграфних станціях, у приміщеннях майстрів, у залах обробки інформації на обчислювальних машинах без дисплея та у приміщеннях операторів-акустиків										
	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Робота, що вимагає зосередження, робота з підвищеними вимогами до процесів спостереження та дистанційного керування виробничими циклами; робочі місця за пультами у кабінах нагляду та дистанційного керування без мовного зв'язку по телефону; у приміщеннях лабораторій з шумним устаткуванням, шумними агрегатами обчислювальних машин.										
	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у п.п. 1 - 4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств										
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<b>Рухомий склад залізничного транспорту</b>										
6. Робочі місця у кабінах машиністів тепловозів, електровозів, поїздів метрополітену, дизель-поїздів та автомотрис										
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. Робочі місця у кабінах машиністів швидкісних та приміських електропоїздів										
	99	91	83	77	73	70	68	66	64	75
8. Приміщення для персоналу вагонів дальнього слідування, службових відділеннях рефрижераторних секцій, вагонів електростанцій, приміщень для відпочинку у багажних та поштових відділеннях										
	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9. Службові приміщення багажних та поштових вагонів-ресторанів										
	96	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Міські, річні, рибпромислові та інші судна										
10. Робоча зона у приміщеннях енергетичного відділення										
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
11. Робочі місця, які знаходяться за межами енергетичних відділень на відкритих палубах										
	96	87	79	72	68	65	63	61	59	70
12. Робочі зони у центральних постах керування суден (звукоізольовані), приміщень, які виділені з енергетичних відділень у яких встановлені контрольні прилади, засоби індикації, органи керування головною енергетичною установкою і допоміжними механізмами										
	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
13. Робочі зони у службових приміщеннях суден										
I - II категорії	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
III - IV категорії	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
на крилах ходового містка	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
14. Робочі зони промислово-технологічних приміщень та промислові палуби суден рибної промисловості										
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
15. Робочі місця у лабораторіях, у рибних цехах, на судах рибної промисловості										
	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Трактори, сільськогосподарські, меліоративні, шляхово-будівельні, землерийні, транспортні та інші аналогічні види машин, автотранспорт										
16. Робочі місця водіїв та обслуговуючого персоналу тракторів, сільськогосподарських, меліоративних, шляхово-будівельних, землерийних, транспортних та інших аналогічних машин, водіїв вантажних машин										
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
17. Робочі місця водіїв автобусів										
	99	91	83	77	73	70	68	66	64	75
18. Робочі місця водіїв легкових автомобілів										
	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Пасажирські і транспортні літаки та вертольоти										
19. Робочі місця екіпажу та бортпровідників										
	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

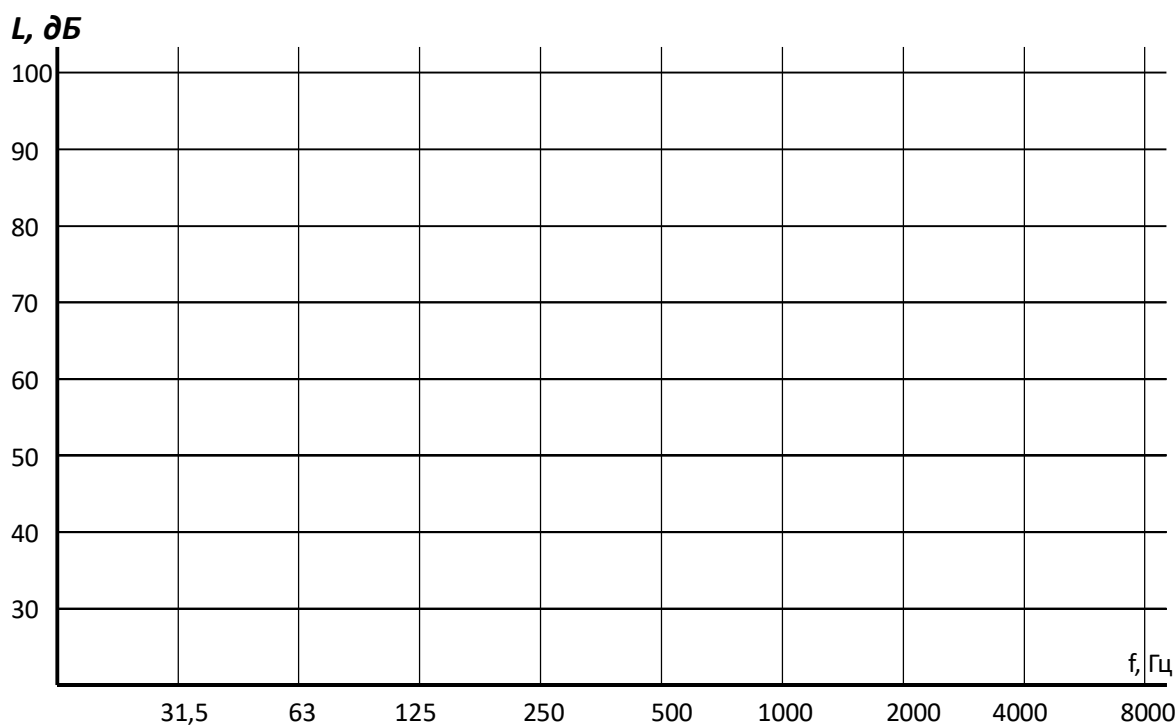




Номери та матеріали екранів

Таблиця 2.

Номер екрану	Матеріал екрану	Номер екрану	Матеріал екрану
Екран №1	Ковролін $\delta=10$ мм	Екран №5	Поролон $\delta=3$ см
Екран №2	Пінополістирол $\delta=5$ см	Екран №6	ДСП $\delta=16$ мм
Екран №3	Пінополістирол $\delta=10$ см	Екран №7	Оргаліт (ДВП)
Екран №4	Фанера $\delta=10$ мм	Екран №8	Орг. скло 4мм



Дослідження закономірності зміни рівня шуму від двох рівнозначних джерел

$$L_{\text{сум}} = L_1 + 10 \lg * N$$

де  $L_{\text{сум}}$  - сумарний рівень шуму від декількох джерел, дБА;  $L_1$  – значення рівня шуму від одного джерела, дБА;  $N$  - кількість джерел.

Таблиця 3

Значення	$L_1$	$L_2$	$L_{\text{сум}}$
Виміряні			
Розрахункові			

**Дослідження закономірності зміни рівня шуму із віддаленістю до джерела виникнення**

$$L_R = L_0 - 10 \lg (l / l_0)^2,$$

Де  $l_0$  – контрольна (нульова) точка, відстань якої від мікрофона дорівнює 0,5 м (згідно методики вимірювань).

$L_0$  - рівень шуму в контрольній (нульовій) точці виміру;

$L_R$  - рівень шуму в точці виміру, що знаходиться на відстані  $l$  (м) від точки  $l_0$  (5 вимірів, через кожні 0,5 м від точки  $l_0$ );

$l$  – змінювана відстань, м;

Таблиця 4

Значення	Точки сприйняття шуму					
	$l_0$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$
Відстань виміру, м	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Виміряні						
Розрахункові						

**Висновок:**

---



---



---



---