

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА «ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЧОГО ШУМУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ»

Мета роботи засвоїти методику вимірювання основних параметрів виробничого шуму, дослідити властивості деяких звукоізолюючих матеріалів та набути навичок і компетенції оцінювання виробничого шуму з точки зору санітарно-гігієнічних умов, ризиків і рівня безпеки праці; використовуючи положення законодавчих актів та нормативно-правових документів.

Методика вимірювання та оцінювання шуму на робочих місцях та звукоізолюючих властивостей захисних засобів.

Суть вимірювання шуму полягає у визначенні рівня звуку L_A та рівнів звукових тисків L_P у фіксованих смугах частот (звичайно, октавних) нормованого діапазону (20.. 10000 Гц).

Математично рівень звуку виражається у вигляді співвідношення, дБА:

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0}, \quad (1)$$

де P_A , P_0 - звуковий тиск відповідно з урахуванням корекції А шумовимірювача, яка відповідає спектральній чутливості вуха людини, і на порозі чутливості в октавній смузі частот із середньгеометричною частотою 1000 Гц (2×10^{-5} Па).

Рівень звукового тиску в фіксованому діапазоні частот, дБ

$$L_P^i = 20 \lg \frac{P_i}{P_0}, \quad (2)$$

де P_i - звуковий тиск в фіксованому i -му діапазоні частот, Па.

Основний прилад для вимірювання шуму - шумовимірювач, датчиком якого є мікрофон. Звуковий тиск, що сприймається мембраною мікрофона, перетворюється в пропорційну йому змінну напругу і далі трансформується в значення L_A , L_P^i або в інші пропорційні йому величини.

Шум на робочих місцях вимірюється під час вмикання не менше ніж 2/3 діючих у цеху або на ділянці верстатів та устаткування, які повинні працювати в нормальному режимі, характерному для даного підприємства. При проведенні вимірювань мікрофон слід розташовувати на висоті 1,5 м над рівнем підлоги чи робочого майданчика (якщо робота виконується стоячи) чи на висоті і відстані 15 см від вуха людини, на яку діє шум (якщо робота виконується сидячи чи лежачи). Мікрофон повинен бути зорієнтований у напрямку максимального рівня шуму та віддалений не менш ніж на 0,5 м від оператора, який проводить вимірювання. При швидкості руху повітря більш ніж 1 м/с на місці, де проводяться виміри, мікрофон має бути захищений протиповітряним пристроєм. Якщо робоче місце не зафіксовано, то шум вимірюється в кількох характерних точках (не менше трьох).

Шум нормується двома методами: за граничним спектром шуму (нормуються рівні звукових тисків у дев'яти октавних смугах частот), за рівнем звуку залежно від типу приміщення (табл. Д1, плакат у лабораторії) та

характеру виконуваних робіт.

Боротьба з шумом на шляху його поширення здійснюється методами звукопоглинання та звукоізоляції.

Звукопоглинання - це зменшення енергії звукових хвиль, відбитих від поверхонь на шляху їх поширення, через перетворення звукової енергії у теплову звукопоглинаючими матеріалами та конструкціями.

Суть звукоізоляції полягає в тому, що основна енергія звукових хвиль відбивається, а крізь захисні засоби проходить лише незначна її частина (рис.1).

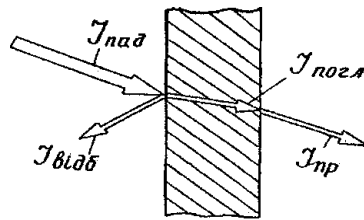


Рисунок 1. Шляхи розсіювання звукової енергії при проходженні звуку крізь перешкоду

Звукоізолююча здатність екрана-перегородки з відповідного матеріалу для заданої смуги частот

$$R_i^{\text{екр}} = L_i - L_i^{\text{екр}}, \quad (3)$$

де $R_i^{\text{екр}}$ - звукоізолююча здатність для i -ї октавної смуги частот, дБ;

$L_i, L_i^{\text{екр}}$ - рівень звукового тиску у вимірювальному відсіку камери відповідно при відкритому вікні 5 та при перекритті його екраном-перегородкою 8 (рис.2), дБ.

Приклад. Нехай рівень звукового тиску в октавній смузі частот 500, виміряний з відкритим вікном 5 (без екрана), дорівнює 87 дБ, а рівні звукового тиску, виміряні при перекритті вікна 5 алюмінієвим або дерев'яним екранами 8 - відповідно 69 або 76 дБ. Тоді звукоізолююча здатність алюмінієвого екрану- перегородки в октавній смузі 500 $R_{500}^{\text{алюм}} = 87 - 69 = 18$ дБ, а дерев'яного екрану-перегородки - $R_{500}^{\text{дер}} = 87 - 76 = 11$ дБ.

Опис лабораторного стенду.

Схема лабораторного стенду для вимірювання параметрів шуму та звукоізолюючої здатності матеріалів показана на рисунку 2.

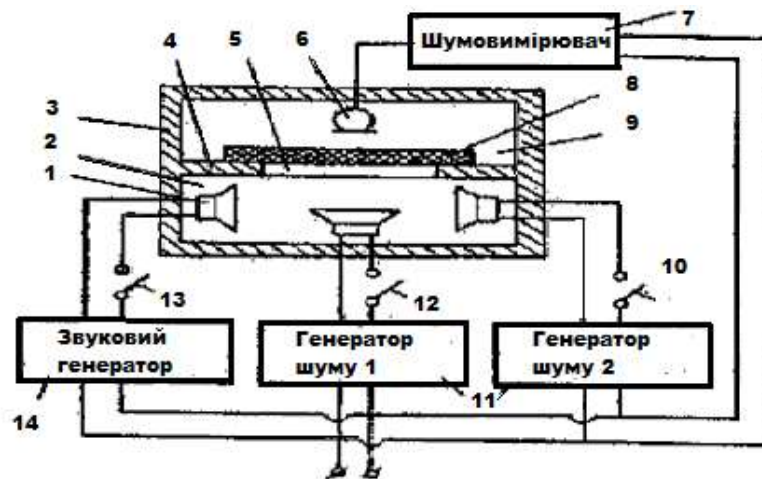


Рисунок 2. Схема лабораторного стенду для вимірювання параметрів шуму, де 1 – динаміки, що виконують функції трьох джерел звуку L_1, L_2, L_3 ;

2 - нижній відсік акустичної камери 3 (змонтована в тумбі лабораторного столу); 4 - перегородка акустичної камери; 5 – вікно; 6 - мікрофон, який підключено до вимірювача шуму 7; 8 - екран із різноманітних матеріалів; 9 - верхній (вимірювальний) відсік камери; 10, 12, 13 - тумблери для вмикання джерел шуму; 11 - напівпровідникові генератори звукових коливань з фіксованим спектром частот (підключено до двох динаміків); 14 - генератор звукових коливань з плавним регулюванням частоти (підключено третій динамік).

Шум вимірюється шумовимірювачем 00017 фірми RTF (Німеччина).

Підготовка стенду до роботи.

1. Перед початком роботи необхідно вивчити органи керування, які розташовані на лицьовій панелі шумовимірювача (див. рис. 3) та їх призначення

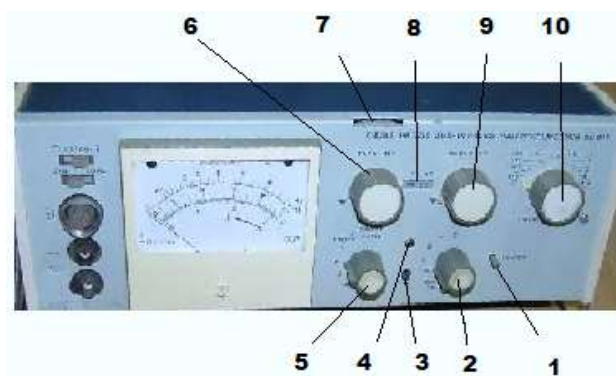


Рисунок 3. Розташування органів керування на лицьовій панелі шумовимірювача: 1 - клавіша «Гасіння», 2 - перемикач «Частотне зведення», 3 - калібрувальний регулятор, 4 - лампочка готовності, 5 - перемикач «Тимчасове введення», 6, 9 - перемикачі «Діапазон 1» та «Діапазон 2», 7 - установочний диск «Діапазон відліку», 8 - індикаторне віконце, 10 – октавний фільтр

Призначення органів упавління:

<p>1 - Клавіша «Гасіння»</p>	<p>У позиції 0 октавний фільтр вимкнута. Короткочасне натискання на цю клавішу обумовлює: у випадку 1 - Halten або Splitze Halten - погашення збереженого значення відліку, при тимчасовому введенні перемикача 2 - збільшення швидкості повернення стрілки або скорочення часу відновлення готовності приладу після потужного перемодулювання. Після вмикання приладу внаслідок затухаючих коливальних процесів стрілка може встановитись у будь-якому положенні. Натиснення на клавішу Löschen («Гасіння») повертає стрілку в початкове положення.</p>
<p>2 - Перемикач «Частотне зведення»</p>	<p>Забезпечений позиціями LIN (без зведення) А, В, С і Д, ОКТ FILTER (октавний фільтр) для вимірювання з вмонтованим октавним фільтром, та EXT FILTER - для вимірювання із зовнішніми фільтрами.</p>

3 - Калібрувальний регулятор	Для точного встановлення відліку за шкалою стрілочного індикатора.
4 Лампочка - готовності	Мигання лампочки вказує на ввімкнений стан приладу.
5 - Перемикач «Тимчасове введення»	Має позиції S (Slow - повільно), F (Fast - швидко), Impuls (імпульс), I Halten (утримання імпульсу), Spitzehalten (утримання піку), (контроль напруги батареї) та 0 («вимкнуто»).
6, 9- Перемикачі «Діапазон 1» і «Діапазон 2»	Для вмикання загального діапазону в 120 дБ етапами по 10 дБ.
7 - Установочний диск «Діапазон відліку»	Для зміни положення вимірювального діапазону в межах 10... 180 дБ залежно від типу підключеного мікрофону. Встановлений діапазон відліку вказується у віконці між перемикачами діапазонів.
8 - Індикаторне віконце	Для знімання показів, які встановлюються перемикачами 2, 6.

При проведенні вимірювань рівнів звукового тиску в октавних смугах перемикач частотної характеристики пристрою встановлюють в положення «okt. Filter» (поз.2, рис. 3) . Смути з середньгеометричними частотами від 31,5 до 8000 Гц.

При проведенні вимірювань рівнів звуку та еквівалентних рівнів звуку, дБА, дБАекв. перемикач частотної характеристики пристрою встановлюють у положенні “А” (за допомогою відповідних фільтрів знижена чутливість на низьких та високих частотах) чи “Аекв”.

Для проведення вимірів рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску постійного шуму перемикач часової характеристики пристрою (поз.5, рис. 3) встановлюють в положення “S”. Значення рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску зчитують зі шкали пристрою з точністю до 1 дБА, дБ. Вимірювання рівнів шуму та октавних рівнів звукового тиску постійного шуму повинні бути проведені у кожній точці не менше трьох разів. При коливанні стрілки пристрою значення рівнів приймають за середніми показами.

Для проведення вимірювань еквівалентних рівнів шуму, що коливаються в часі та визначення еквівалентного рівня шуму (за енергією) перемикач часової характеристики пристрою встановлюють в положення “S”. Значення рівнів шуму приймають за показами стрілки пристрою в момент відліку.

Для проведення вимірювань максимальних рівнів імпульсного шуму перемикач часової характеристики пристрою встановлюють в положення "імпульс". Значення рівнів обирають за максимальними показами пристрою.

Порядок виконання роботи та оформлення результатів

1. Підготовка шумовимірювача до роботи.

У початковому положенні всі ручки управління на панелі шумовимірювача (рис. 3) повинні перебувати у крайньому лівому положенні. Ручку 5 перевести у позицію «О». Потім повільно встановити ручку 5 в позицію S. Перемикач 2 перевести в положення LIN. Переконайтесь, що лампочка 4 почала мигати та стрілка індикатора встановилася в межах контрольного сектора, позначеного в правій нижній частині шкали. Перемикачі діапазонів 6 та 9 повинні перебувати в крайньому лівому положенні. У віконці 8 має бути значення 140 (в разі необхідності диском 7 встановити це значення). Стрілка направлена на чорний трикутник під децибеловою шкалою (тільки в разі необхідності викладач може калібрувальним регулятором 3 точно встановити напрямок стрілки). У цьому положенні прилад перебуває в стані експлуатаційної готовності.

2. Хід роботи

2.1. Підготувати генератор звуку для виконання досліджень, для чого увімкнути перемикач живлення напруги 1 (рис.4).

2.2. Увімкнути за допомогою тумблера 13 (рис.2), розташованого на лабораторному столі, джерело шуму L_1 .

2.3. Під наглядом викладача обрати звук для досліджень (будь-який на вибір), натискаючи послідовно на кнопку 4 рис.4 (у віконці 2 - позиції від 0 до 9).



Рисунок 4. Звуковий генератор (поз.14 на рис.2), де 1 – клавіша увімкнення; 2, 3 – віконця з порядковим номером обраного звукового сигналу; 4,5 – кнопки вибору звукового сигналу

2.4. Перемикач 2 на панелі шумовимірювача (рис. 3) встановити в позицію “А”.

2.5. Виміряти створюваний джерелом шуму L_1 рівень звуку. Для цього, обертаючи вправо ручку першого перемикача (поз.6.,рис. 3) на панелі шумовимірювача, необхідно домогтися відхилення стрілки індикатора від крайнього лівого положення й розташування її у межах шкали.

Важливо! Якщо, довівши ручку першого перемикача до крайнього правого положення, (тобто, при якому у віконці 8 досягнуто максимальне значення 60 дБ), не вдалось вивести стрілку в сектор шкали, необхідно, залишивши ручку перемикача 6 в крайньому правому положенні, обертати вправо ручку перемикача 9 (рисунок 3) до тих пір, поки стрілка не опиниться в секторі шкали.

Відлік показів на приладі здійснюється підсумовуванням показів стрілочного приладу (по верхній шкалі) з показом, який встановився у віконці 8 на панелі шумовимірювача.

Отримані результати записати до таблиці Д2.1 результатів лабораторної роботи (додаток 2). Ручки перемикачів перевести у вихідне (крайнє ліве) положення. Вимкнути джерело шуму L_1 .

2.6. Аналогічно п. 2.5 виміряти рівень звуку, який створюється джерелом шуму L_2 (тумблер 10, рис.2), а потім - L_3 , (тумблер 12, рис.2). Результати вимірювань занести в таблицю Д2.1 (додаток 2).

2.7. Також виміряти рівень звуку, який створюється одночасно такими комбінаціями джерел шуму $L_1 + L_2$, $L_1 + L_3$, $L_2 + L_3$, $L_1 + L_2 + L_3$. Результати вимірювання занести до таблиці Д2.1 (додаток 2).

2.8. Розрахувати сумарний рівень звуку методом енергетичного підсумовування результатів вимірювань рівнів звуку, який створюється кожним джерелом окремо (значення L_1 , L_2 , L_3 , таблиця Д2.1) за допомогою номограми, яка дана у вигляді таблиці для спрощеного розрахунку суми рівня джерел:

$L_1 - L_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
ΔL	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

Підсумовування виконується попарно послідовно. Береться різниця двох максимальних рівнів шуму, наприклад L_1 та L_2 , За номограмою визначається поправка ΔL і додається до більшого із двох рівнів, що підсумовуються.

Наприклад, якщо L_1 більше, ніж L_2 , на 4 дБА, то сумарний звуковий тиск цих двох джерел буде таким: $L_{1+2} = L_1 + 1,5$.

Якщо необхідно знайти суму трьох джерел, то від L_{1+2} віднімається третє за величиною значення рівня звуку, та по номограмі визначають наступну ΔL , яку додають до L_{1+2} , знаходячи, відповідно, сумарний рівень звуку всіх трьох джерел L_{1+2+3} .

Підраховані суми занести в табл.Д2.1 (додаток 2).

2.9. З таблиці Д1 (додаток 1) обрати допустимі рівні звуків для робочих місць обраного виду трудової діяльності (наприклад, пов'язаний з майбутньою професією, або навчанням) та занести значення в табл. Д2.1.

2.10. Зробити висновок про відповідність результатів вимірювання рівнів звуку L_1 , L_2 , L_3 , $L_1 + L_2$, $L_1 + L_3$, $L_2 + L_3$, $L_{\Sigma}^{\text{розрах}}$ допустимим значенням згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

2.11. Обчислити абсолютну та відносну похибку розрахункових та вимірних значень сумарних рівнів звуку. Результати занести до таблиці Д2.1. Зробити висновок про точність методу енергетичного підсумовування рівнів звуку, що створюються різними джерелами.

3. Аналіз спектрального складу шуму

3.1. Перемикач 2 (рис. 3) на панелі управління шумовимірювача встановити у позицію 2 «окт filter», а перемикач 10-у позицію «8000».

Увімкнути тумблерами 10, 12, 13 (рис.2), розташованими на лабораторному столі, всі три джерела звуку, імітуючи виробничий шум у нижньому відсіку камери.

3.3. Виміряти рівень звукового тиску в октавній смузі частот із середньгеометричним значенням 8000 Гц. (принцип вимірювань описано в п.2.5). Отримані дані занести в таблицю Д2.2.

3.4. Аналогічно виміряти рівень звукового тиску в решті активних смуг: 4000, 2000, 1000, 500, 125, 63, 31,5 Гц. Результати занести до таблиця Д2.2.

3.5. За таблицею Д1 вибрати допустимі значення рівнів звукового тиску для октавних смуг частот нормованого діапазону для тих самих робочих місць, як в п.2.9 та занести їх в таблицю Д2.2.

3.6. За даними таблиці Д2.2 побудувати графік залежності рівнів звукового тиску від частоти і на ньому нанести графічний спектр шуму (допустимі значення рівнів звукового тиску для октавних смуг частот нормованого діапазону).

3.7. Зробити висновок про характер спектра досліджуваного шуму та його відповідність граничному спектру, виявивши діапазон частот, де рівень перевищує норми.

4. Дослідження звукоізолюючих властивостей різноманітних матеріалів

4.1. Визначити вихідні дані для обчислення звукоізолюючої здатності досліджуваних матеріалів в октавній смузі частот із середньгеометричним значенням 8000 Гц. Для цього необхідно:

4.1.1. На звуковому генераторі (рис.4) кнопкою 4 встановити у віконці 2 цифру 1, яка відповідає частоті 8000 Гц на генераторі звукових сигналів

Встановити на панелі управління шумовимірювача (рис. 3) перемикачі в таких положеннях: 2 - «окт. Filter» 5 - «S», 10 - «8000», перемикачі 6 та 9 - в крайньому лівому положенні. При цьому в індикаторному віконці 8 повинно бути встановлено значення «140». Якщо це значення не дорівнює 140, необхідно встановити його, обертаючи диск 7.

Увімкнути джерело шуму L_1 тумблером 13, розташованим на лабораторному столі. Виміряти рівень звукового тиску (див.п.2.5.) у відсіку камери 9 (рис.. 3) при відкритому вікні 5 (без екрана) та закритих дверцятах тумби столу.

4.1.2. Виміряти рівень звукового тиску без екрана з рештою середньгеометричних частот: 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 63, 31,5 Гц по черзі, одночасно змінюючи звуковий сигнал на звуковому генераторі (кнопка 4, рис.4) у такій відповідності:

Цифра у віконці 2 (рис.4)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Позиція перемикача 10 (рис. 3)	8 кГц	4 кГц	2 кГц	1 кГц	500 Гц	250 Гц	125 Гц	63 Гц	31,5 Гц

4.1.3.Результати вимірювань занести до таблиці Д2.3. Вимкнути джерело шуму L_1 .

4.2. Дослідити рівні звукового тиску з екранами.

4.2.1. Відкрити дверцята тумби, в якій встановлена акустична камера та встановити екран-перегородку з якого-небудь матеріалу, наприклад, алюмінію, в рамку вікна 5 (рис.2). При цьому звернути увагу на те, щоб в перекритті не було зазору. Щільно закрити дверцята тумби та увімкнути джерело шуму L_1 . Виміряти рівень звукового тиску аналогічно п.п.4.1.1.-4.1.2. Записати покази в таблицю Д2.3.

4.2.2. Послідовно замінюючи екрани-перегородки у вікні 5 акустичної камери, повторити виміри рівнів звукового тиску у вимірювальному відсіку й записати покази в таблицю Д2.3.

4.3. Після закінчення вимірювань вимкнути джерело звуку, тобто звуковий генератор 14. Всі органи управління на лицьовій панелі шумовимірювача перевести у вихідне положення (крайнє ліве).

4.4. Розрахувати звукоізолюючу здатність екранів з різних матеріалів $R_i^{\text{екр}} = L_i^{\text{без.екр}} - L_i^{\text{екр}}$ для октавних смуг частот нормованого діапазону, користуючись даними таблиці Д2.3.

4.5. Результати обчислень звукоізолюючої здатності перегородок з різних матеріалів для октавних смуг частот 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц занести до таблиці Д2.4.

4.6. За даними таблиці Д2.4 побудувати графіки залежності звукоізолюючої здатності перегородок з різних матеріалів від частоти. Зробити висновки, в яких вказати від чого залежить звукоізолююча здатність матеріалів.

4.7. Обґрунтувати вибір матеріалу перегородки для захисту від шуму, спектральна характеристика якого визначена в таблиці Д2.3.

4.8. Для тих октавних смуг частот, де рівень звукового тиску перевищує норму (див. графіки, побудовані за даними таблиці Д2.2.), вибрати по графіках, побудованих за даними таблиці Д2.4, такий матеріал (або комплект), який би забезпечував максимальну звукоізолюючу здатність $R_i^{\text{екр}}$ в даних смугах частот.

4.9.Рекомендації щодо вибору матеріалів для перегородки навести в протоколі (додаток 2)

Додаток 1

Таблиця Д1

Гранично дозволені рівні звукових тисків у октанових смугах нормованого діапазону

Вид трудової діяльності	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Наукова діяльність, конструювання, викладання, проектно-конструкторські бюро, програмування ЕОМ	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Висококваліфікована робота, вимірвальна та аналітична робота в лабораторіях	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
З акустичними сигналами Приміщення диспетчерських служб, машинописних бюро	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Приміщення лабораторій з шумним обладнанням	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
Постійні робочі місця в виробничих приміщеннях і на території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Результати лабораторної роботи «Захист від шуму»

студента _____ групи _____

Таблиця Д2.1

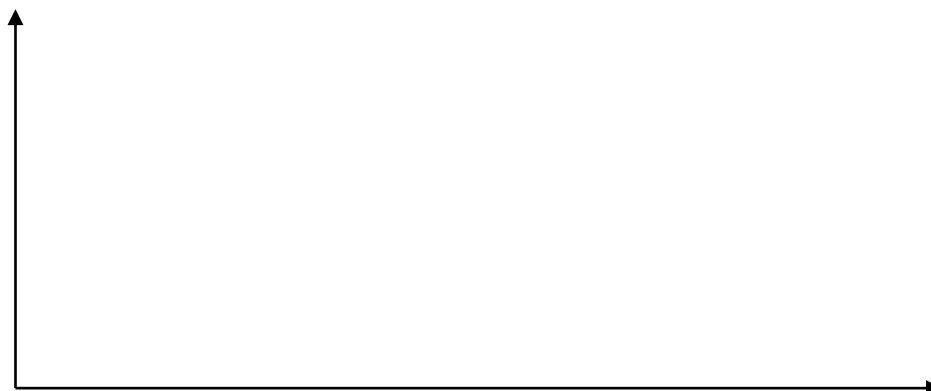
Результати вимірювання рівня звуку джерел постійного шуму

	Джерело шуму	Рівень звуку, дБА				п.2.11. Похибка		п. 2.11. Висновок про точність методу вимірювання
		експеримент	п.2.8. розрахунок	п. 2.9. допустиме значення	п.2.10. висновок	абсолютна, дБА	відносна, %	
п.2.5.	L_1		X			X	X	X
п. 2.6.	L_2		X			X	X	X
	L_3		X			X	X	X
п. 2.7.	$L_1 + L_2$							
	$L_1 + L_3$							
	$L_2 + L_3$							
	$L_1 + L_2 + L_3$							

Таблиця Д2.2.

Рівень звукового тиску, дБ	пп. 3.3., 3.4. Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	100	1000	2000	4000	8000
Результати вимірювань									
п. 3.5. Допустимі значення									

п.3.6.



п. 3.7. Висновок про характер спектра досліджуваного шуму та його відповідність граничному спектру _____

Таблиця Д2.3

Результати вимірів рівнів звукового тиску

Матеріал перегородки	пп. 4.1.3.,4.2.1,4.2.2. Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Без екрану									
Алюміній									
Дерево									
Гетинакс									
Лінолеум									

Таблиця Д2.4

Результати розрахунків звукоізолюючої здатності матеріалів

Матеріал перегородки	п.4.5. Різниця рівнів звукового тиску $L_i^{\text{без.екр}} - L_i^{\text{екр}}$, дБ, в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Алюміній									
Дерево									
Гетинакс									
Лінолеум									

п.4.6



пп. 4.7, 4.11. Обґрунтування та рекомендації щодо вибору матеріалів перегородки:
