

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до лабораторного заняття *«Вимірювання параметрів шуму і дослідження звукоізолюючої спроможності акустичного екрану»* з дисциплін «Безпека життєдіяльності фахівця з основами охорони праці», «Захист здоров'я та життя людини з основами охорони праці», «Захист життєвого середовища перебування людини та охорона праці», «Технології здоров'я збереження та безпека на виробництві», «Безпека людини в системі «людина-життєве середовище» з основами виробничих взаємовідносин», «Безпека існування людини в навколишньому середовищі та охорона праці»
для студентів усіх спеціальностей та форм навчання

Методичні вказівки до лабораторного заняття «Вимірювання параметрів шуму і дослідження звукоізолюючої спроможності акустичного екрану» з дисциплін «Безпека життєдіяльності фахівця з основами охорони праці», «Захист здоров'я та життя людини з основами охорони праці», «Захист життєвого середовища перебування людини та охорона праці», «Технології здоров'я збереження та безпека на виробництві», «Безпека людини в системі «людина-життєве середовище» з основами виробничих взаємовідносин», «Безпека існування людини в навколишньому середовищі та охорона праці» для студентів усіх спеціальностей та форм навчання / Укл. А. С. Петрищев, В. І. Шмирко, С. М. Журавель – Запоріжжя: каф. ОП і НС, НУ «Запорізька політехніка», 2025. – 17 с.

Укладачі:

А. С. Петрищев, доц., к.т.н.
В. І. Шмирко, доц., к.т.н.
С. М. Журавель, ст. викл.

Рецензент:

М. О. Журавель, ст. викл.

Відповідальний за випуск:

А. С. Петрищев, доц., к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри «Охорони праці
і навколишнього середовища»
Протокол № 10 від 28.05.2025 р.

Рекомендовано до видання
НМК Факультету будівництва,
архітектури та дизайну
Протокол № 6 від 29.05.2025 р.

ЗМІСТ

1. Мета заняття.....	4
2. Загальні відомості.....	4
2.1 Фізична природа шуму.....	4
2.2 Заходи захисту зниження впливу шуму	8
3. Завдання на підготовку до лабораторного заняття	9
4. Контрольні запитання для самоперевірки і контролю підготовленості студентів до заняття.....	10
5. Матеріали, інструмент, прилади, обладнання	10
6. Вказівки з техніки безпеки	12
7. Порядок проведення лабораторного заняття.....	13
8. Зміст звіту.....	14
9. Рекомендована література.....	14
10. Додатки:	16
Додаток А – Зразок титульної сторінки звіту лабораторного заняття	16
Додаток Б – Допустимі рівні звукового тиску і звуку на постійних робочих місцях	17

1. МЕТА ЗАНЯТТЯ

Поглибити знання про шум і його вплив на людину.

Ознайомитись з методами акустичних вимірювань та набути практичні навички.

Дослідити вплив акустичного звукоізолюючого екрану на параметри шуму.

2. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

2.1 Фізична природа шуму

Звук – це фізичне явище, що представляє собою розповсюдження пружних хвиль в газоподібному, рідкому або твердому середовищі.

Шум – будь-який небажаний для людини звук. Він негативно впливає на організм людини, знижує працездатність, гальмує психологічні відгуки і сприйнятливість до сигналів безпеки. Таким чином, в умовах підвищеного рівня шуму, створюються умови щодо виникнення нещасного випадку.

Звук утворюється в пружному середовищі (в повітрі, газах, рідинах, металах та ін.) Розповсюдження звуку відбувається за рахунок хвильового процесу, що генерується тілами, які коливаються (наприклад вібрують), а коливання передаються частинками пружного середовища, які містяться в безпосередній близькості до джерела коливань. При взаємодії з іншими частинками середовища коливання передаються найближчим сусіднім частинкам, які зміщуються, приходячи в стан ритмічного згущення та розрідження. В результаті виникають звукові хвилі, які розповсюджуються у середовищі і викликають його пружні деформації. Коливання мають енергію, і тому звукова хвиля переносить енергію, але не переносить речовину.

Параметрами, що характеризують звук (і шум) – є частота, інтенсивність звуку, звуковий тиск, звукова потужність.

Звуковий тиск у повітрі – це змінний тиск, що виникає додатково до атмосферного. У фазі стиснення звуковий тиск позитивний, у фазі розрідження – негативний. Зміна звукового тиску над середнім статистичним рівнем сприймається органами слуху людини (слуховими аналізаторами) як звук. Звуковий тиск (P)

вимірюється в *Ньютонах* на квадратний метр (H/m^2) або в *Паскалях* ($1 H/m^2 = 1 Pa$).

Кінетична енергія, яку переносить звукова хвиля, визначає інтенсивність (силу) звуку (I), Bm/m^2 .

$$I = P^2/\rho \cdot c, \quad (2.1)$$

де ρ – густина середовища, kg/m^3 ,

c – швидкість поширення звукової хвилі, m/s .

Вухо людини здатне сприймати тиск звукових хвиль (при частоті 1000 Гц) від порогу чутності ($P_0 = 2 \cdot 10^{-5} H/m^2$) до порогу виникнення болювого відчуття ($P_6 = 2 \cdot 10^2 H/m^2$).

Діапазон інтенсивностей звуку, які здатне сприймати вухо людини становить від $I_0 = 10^{-12} Bm/m^2$ до $I_6 = 10 Bm/m^2$.

Відповідно, діапазони зміни величин звукового тиску та інтенсивностей звуку, до яких пристосований слуховий апарат людини, становить 10^7 разів для (P) і 10^{13} разів для (I).

Органи слуху людини непропорційно реагують на абсолютні зміни звукового тиску або інтенсивності звуку. Величина відчуттів змінюється повільніше, ніж величина подразника. Це обумовлюється тим, що має місце ефект розсіювання. Тобто від джерела звукова хвиля розповсюджується у всіх напрямках. А до людського вуха доходить лише частка, що розповсюджувалася у відповідному напрямку. Разом з цим перешкодами на шляху розповсюдження звукової хвилі є повітря певної густини та різноманітні механічні перешкоди.

Також має вплив специфічна будова людської вухної раковини. Цей вплив полягає у забезпеченні просторового сприйняття людиною джерела звуку та його інтенсивності. В цьому аспекті, виходячи з природи будови людського організму, явища зниження рівня звуку та його розсіювання у просторі є ключовими. Разом з цим вухна раковина людини, в силу своєї будови, перенаправляє звукову хвилю та захищає організм людини від надмірного звукового тиску.

Згідно з емпіричним законом Вебера-Фенхера, якщо величина подразника (I) зростає в геометричній прогресії (тобто в 100, 1000, ... разів) то відчуття людиною цього подразника (E) зростає в арифметичній прогресії, тобто лише в 2, 3, ... рази.

Залежність цього закону наступна:

$$E = \kappa \lg I/I_0, \quad (2.2)$$

де E – величина значення відчуття;

I – величина інтенсивності подразника;

I_0 – величина порогу відчуття;

κ – коефіцієнт відповідного аналізатора людини.

Саме тому американський вчений Бел запропонував використовувати в акустиці відносні логарифмічні одиниці рівні, які отримали назву децибел ($\partial\text{Б}$).

Весь діапазон сприйнятливих людиною рівнів інтенсивностей звуку становить:

$$L_n = \lg(I_0/I_0) = 13 \text{ Бел} = 130 \partial\text{Б}, \quad (2.3)$$

де L_n – максимальний рівень області чуття людини.

Рівень звукового тиску визначають за залежністю:

$$L_p = 20 \lg P/P_0, \partial\text{Б}, \quad (2.4)$$

де L_p – рівень звукового тиску;

P – діюче значення звукового тиску, Н/м^2 ;

P_0 – поріг чутності ($2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$).

Рівень інтенсивності звуку:

$$L_i = 10 \lg I/I_0, \partial\text{Б}, \quad (2.5)$$

де L_i – рівень інтенсивності звуку;

I – діюче значення інтенсивності звуку, Вт/м^2 ;

I_0 – поріг чутності (10^{-12} Вт/м^2).

Рівень інтенсивності (сили) звуку використовують при проведенні акустичних розрахунків. Рівень звукового тиску використовують при вимірюваннях і нормуванні рівнів шуму.

Слуховий апарат людини неоднаково відчуває звуки різної частоти. Найбільш відчутні для нього звуки середніх і високих частот (800...4000 Гц), найменше - низьких частот (20...100 Гц). Тому звуки з однаковим рівнем звукового тиску, але з різною частотою,

сприймаються як такі, що мають різну гучність. В зв'язку з цим, для оцінки фізіологічного сприйняття звуків з урахуванням їх частоти використовують рівень гучності, який вимірюється у *фонах* (Φ). При частоті звуку 1000 $\Gamma\zeta$ один децибел дорівнює одному фону, а при інших частотах вони відрізняються і рівень гучності визначається по спеціальним номограмам.

Розглянуті вище параметри характеризують звукове поле у певному просторі, але не дають уявлення про саме джерело шуму. Характеристикою джерела шуму є його звукова потужність – загальна кількість енергії, яку випромінює джерело шуму в навколишній простір за одиницю часу. Рівні звукової потужності визначаються таким же чином, як і рівні інтенсивності (сили) звуку:

$$L_w = 10 \lg (W/W_0), \quad (2.6)$$

де W – певна звукова потужність джерела шуму, Bm ;
 W_0 – порогова звукова потужність, $10^{-11} Bm$.

Увесь діапазон чутних звуків (16...20000 $\Gamma\zeta$) поділений на 8 октавних смуг з середньогеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 $\Gamma\zeta$, оскільки орган слуху людини добре відчуває зміну тона на однакову величину при збільшенні або зменшенні частоти звуку у два рази.

Відповідно до класифікації шумів ДСН 3.3.6-037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» за характером спектра шуми поділяються на широкосмугові, що мають безперервний спектр шириною більше однієї октави, і тональні, спектри яких мають відчутні дискретні тони.

Гранично-допустимі рівні (далі – ГДР) виробничих шумів встановлені державними санітарними нормами ДСН 3.3.6-037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Цими нормами обумовлюються допустимі значення постійних шумів на виробничих місцях у рівнях звукового тиску (L_p , dB) в октавних смугах частот, а також рівні звуку та еквівалентні рівні звуку (dBA) без урахування частотного складу шуму (додаток 1).

При вимірюванні рівнів звукового тиску (L_p , dB) використовують шумовимірювальний тракт з вимірювача шуму (Ш-71 або вимірювач шуму та вібрацій ВШВ-1).

2.2 Заходи захисту зниження впливу шуму

Заходи та засоби захисту від шуму по відношенню до об'єктів, які захищають, поділяють на:

- засоби колективного захисту;
- засоби індивідуального захисту.

При цьому останні застосовують лише тоді, коли заходами та засобами колективного захисту не вдається знизити рівень шуму на робочих місцях до допустимих значень.

Засоби колективного захисту відносно джерела виникнення шуму поділяють на:

- засоби зниження шуму в джерелі його виникнення;
- засоби, що знижують шум на шляху його розповсюдження.

В залежності від способу реалізації ці засоби можуть бути:

1) Акустичні, це:

- засоби звукоізоляції (звукоізоляційні огороження будівель і приміщень, звукоізолюючі кожухи, кабінки, акустичні екрани);
- засоби звукопоглинання (звукопоглинаючі облицювання, об'ємні штучні поглиначі звуку);
- засоби віброізоляції (віброізолюючі опори, пружні прокладки, конструкційні розриви);
- засоби демпфування (в залежності від характеристик демпфування можуть бути лінійні і нелінійні, а в залежності від виду демпфування – елементи з сухим, в'язким або внутрішнім тертям).
- глушники шуму (в залежності від принципу дії абсорбційні, реактивні, комбіновані).

2) Архітектурно-планові методи включають раціональні акустичні рішення планувань будівель, раціональне розміщення технологічного обладнання та робочих місць, раціональне акустичне планування зон і режиму руху транспортних засобів, створення шумозахищених зон в місцях знаходження людей.

3) Організаційно-технічні методи захисту від шуму передбачають застосування мал шумних технологічних процесів і машин, оснащення шумного обладнання засобами дистанційного управління і контролю, зміну конструктивних елементів машин, удосконалення технології ремонту і обслуговування машин,

використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників на шумних виробництвах.

Засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники, які закривають вушну раковину з зовні; протишумові вкладки, які перекривають зовнішній слуховий прохід; протишумові шоломи; протишумові костюми.

3. ЗАВДАННЯ НА ПІДГОТОВКУ ДО ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ

В процесі лабораторного заняття студенти повинні:

- ознайомитися з устроєм обладнання та принципом дії шумовимірювального тракту.

- виконати вимірювання звукоізолюючої спроможності екранів.

Порівняти отримані показники рівнів звукового тиску з гранично допустимими нормами.

- зробити висновки та написати звіт.

4. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ І КОНТРОЛЮ ПІДГОТОВЛЕНOSTІ СТУДЕНТІВ ДО ЗАНЯТТЯ

1. Який параметр використовується для оцінки дії звуку на органи слуху людини?

2. До якого методу відносять зменшення рівня шуму за рахунок використання штучних поглиначів шуму?

3. Яка одиниця вимірювання рівня інтенсивності (сили) звуку?

4. Вказати, до якого методу відносять застосування глушників шуму з розширенням та звуженням звукових каналів?

5. До якого методу відносять використання матеріалів з великим коефіцієнтом відбиття звуку?

6. Який параметр використовується для характеристики джерела шуму?

7. Вказати, на використанні якого принципу засноване звукопоглинання?

8. Яка одиниця рівня гучності?

9. Яка одиниця вимірювання звукового тиску?

10. Який параметр використовують при проведенні акустичних розрахунків?

11. Яка одиниця вимірювання рівня звукового тиску?

12. Вказати, який параметр характеризує фізіологічне сприйняття звуків людиною з урахуванням їх частоти?

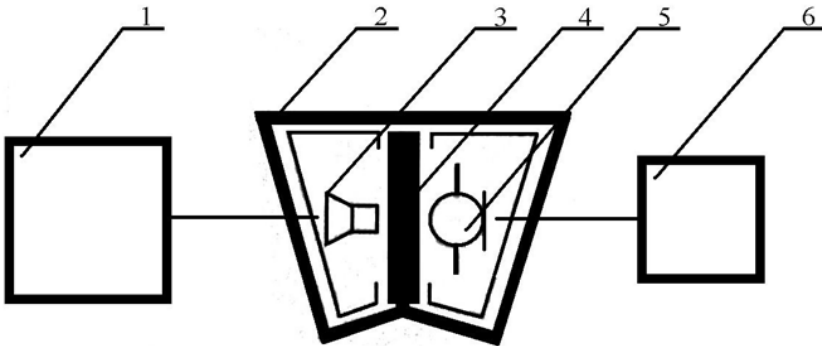
13. До якого методу відносять використання матеріалів з малим коефіцієнтом відбиття звукових коливань?

14. Який прилад використовують у цій лабораторній роботі для вимірювання рівнів шуму?

15. До якого методу відносять застосування глушників шуму з поглинаючим покриттям?

5. МАТЕРІАЛИ, ІНСТРУМЕНТ, ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ

З метою дослідження параметрів шуму і звукоізолюючої спроможності огорожень (відбивних екранів) застосовується шумовимірювальний тракт (рис. 5.1).



1 – генератор шумів; 2 – шумова камера; 3 – джерело шуму; 4 – екран (перегородка); 5 – мікрофон; 6 – вимірювач шуму

Рисунок 5.1 – Схема шумовимірювального тракту

Шумова камера імітує два приміщення, які розділені екраном на дві частини: «шумне приміщення», в якому встановлено джерело

шуму і «тихе приміщення», в якому встановлений мікрофон шумовимірювача.

Бокові стінки шумової камери зроблені непаралельними для забезпечення максимального ступеня дифузності звукового поля в камері.

Різниця середніх значень рівнів шуму в суміжних приміщеннях (вимірювання треба робити не менш, як у п'яти точках) дає фактичний рівень звукоізолюючої спроможності матеріалу екрана D , δBA :

$$D = B_1 - B_2, \delta BA; \quad (5.1)$$

де: B_1 – рівень шуму без екрана (відносно високий рівень), δBA ;
 B_2 – рівень шуму за екраном (відносно низький рівень), δBA .

У цій роботі використовують вимірювач шуму Ш-71, який дозволяє вимірювати рівні шумів як в δBA без урахування частоти та рівнів звукового тиску, так і в δB відносно нульового звукового тиску $2 \cdot 10^{-5} Pa$ з урахуванням частоти шуму. Діапазон вимірювань від 30 до 140 децибел.

Принцип дії шумовимірювача полягає в перетворенні акустичного сигналу, який сприймається мікрофоном, в електричний, що після підсилення і корекції подається на стрілочний вимірювальний пристрій, шкала якого градуйована в децибелах.

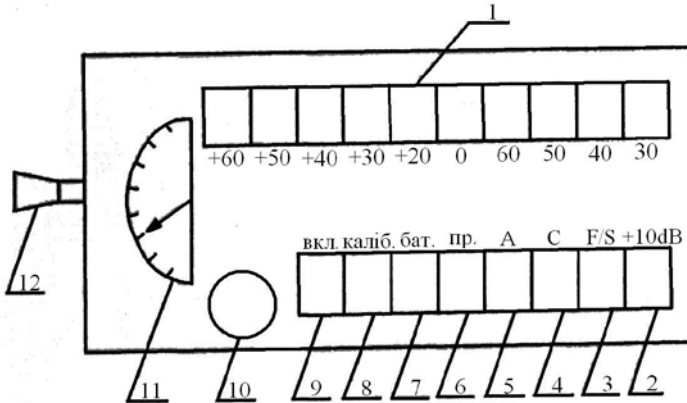
Шумовимірювач має два **оціночних фільтра** з частотними характеристиками **A** і **C**, які забезпечують частотний діапазон вимірювань від 31,5 до 8000 $Гц$. **Фільтр А** використовують при вимірюванні рівнів шуму без урахування частотних характеристик шуму в δBA , а фільтр **C** – з урахуванням частотних характеристик шуму в δB .

Прилад має також дві **часові характеристики** – **F** і **S**. Характеристика **F** – «Швидко» використовується при вимірюванні короткочасних звукових імпульсів, а характеристика **S** – «Повільно» – при вимірюванні постійних шумів.

У приладі передбачено гніздо для підключення електродинамічного мікрофона МД – 68 через кабель або безпосередньо на корпус шумовимірювача.

На передній панелі шумовимірювача (рис. 5.2) розміщений стрілочний показчик рівнів шуму і два ряди кнопочних перемикачів.

Верхній ряд (10 кнопок) забезпечує перемикання межі вимірювання від 30 до 140 *децибел*, а нижній (8 кнопок) – керування роботою приладу.



- 1 – перемикач рівнів шуму; 2 – зміна межі чутливості;
 3 – перемикач часових характеристик; 4 – оціночний фільтр «С»;
 5 – оціночний фільтр «А»; 6 - контроль напруги перетворювача;
 7 – контроль напруги живлення; 8 – калібрівка; 9 – вмикач живлення;
 10 – індикатор; 11 – стрілочний показчик;
 12 – мікрофон

Рисунок 5.2 – Схема панелі шумовимірювача Ш-71

6. ВКАЗІВКИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. До виконання лабораторного заняття допускаються студенти, які прослухали первинний інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки при роботі у даній лабораторії.

2. Не починати виконання практичних питань, не ознайомившись з порядком їх виконання.

3. Не включати без дозволу викладача приладу та обладнання, які не мають відношення до виконання роботи, яка виконується.

4. Роботу по вимірюванню параметрів шуму і дослідженню звукоізолюючої спроможності акустичного екрану виконувати під безпосереднім керівництвом викладача.

7. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ

1. Відкрити кришку шумової камери (рис.3.1) упевнитись, що мікрофон (5) встановлений у камеру (2), екран (перегородка) (4) відсутній, закрити кришку.

2. Натиснути кнопку 4 (оціночний фільтр С) шумовимірювача.(рис. 5.2)

3. Кнопка 3 (F/S) має бути в натиснутому стані – часова характеристика С – «Повільно».

4. Джерелом шуму є генератор звуку з діапазоном частот від 0 до 10000 Гц. На шкалі генератора встановити значення 63 Гц.

5. Використовуючи верхній ряд кнопок в шумовимірювачі (рис. 5.2), знайти таку комбінацію натиснутих кнопок, при якій стрілка показника максимально відхиляється у правий сектор шкали. Значення рівня шуму складається з алгебраїчної суми значень натиснутих кнопок і стрілочного показника.

6. Одержаний рівень шуму L_1 , що відповідає значенню звуку при частоті 63 Гц, записати в табл. 7.1, після чого приступити до вимірювання значень шуму при частотах зазначених в даній таблиці.

7. Повторити вимірювання встановивши в шумову камеру екран з звукопоглинаючими або звукоізолюючими функціями.

8. Після закінчення вимірювань вимкнути усі прилади.

Таблиця 7.1 – Результати вимірювання звукоізолюючої спроможності екранів

Октави, Гц	Вид вимірювання		Рівні звукоізоляції екрану	Допустимі рівні звукового тиску L_f^{μ} , дБ
	Без екрану	З екраном		
	L_1 , дБ	L_2 , дБ	D_f , дБ	
1	2	3	4	5
63				
125				
250				
500				
1000				
2000				
4000				
8000				

9. Використовуючи дані табл. 7.1 визначити рівні звукоізоляції екрану, зробити висновок, що до його ефективності.

10. Накреслити графіки залежності рівня звукового тиску від частоти (рис. 7.1) для трьох випадків: без екрану, з екраном та графіком граничного рівня звукового тиску в залежності від типу робочого місця.

11. Зробити висновки до лабораторної роботи, щодо ефективності захисного екрана та можливості працювати в таких умовах на різних робочих місцях.

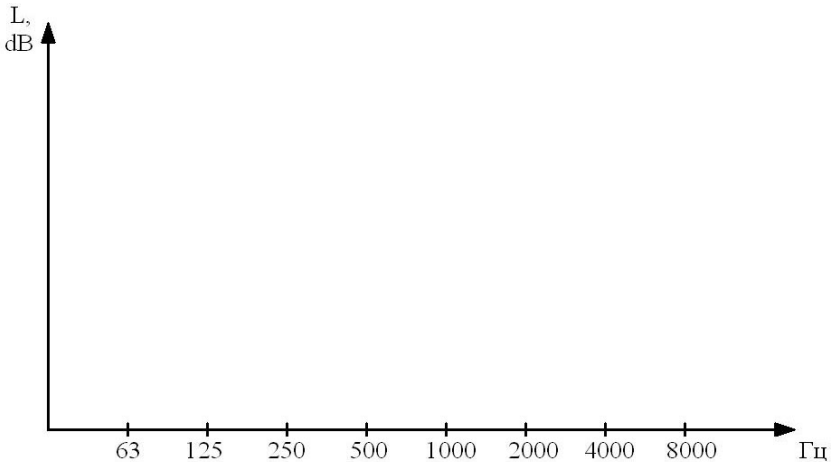


Рисунок 7.1 – Графіки залежності рівня звукового тиску від частоти звуків

8. ЗМІСТ ЗВІТУ

У звіті мають бути відображені такі питання: мета роботи, дослідити вплив акустичного звукоізолюючого екрану на параметри шуму, висновки.

9. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Текст] : ДСН 3.3.6.037-99. – чинний від 1999-01-12. – К. : МОЗ, 1999. – 34 с.

2. Захист територій, будинків і споруд від шуму, [Текст] : ДБН В.1.1-31:2013. – На заміну СНиП II-12-77 ; чинний від 2014-06-01. – К. : Мінрегіон України, 2013. – 75 с.

3. Шум. Терміни та визначення [Текст] : ДСТУ 2325-93. – чинний від 1995-01-01. – К. : Держстандарт України, 1994. – 17 с.

4. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Вимірювання параметрів шуму і дослідження звукоізолюючої спроможності акустичного екрану» з дисципліни «Безпека життєдіяльності фахівця з основами охорони праці» для студентів усіх спеціальностей та форм навчання / Укл. А. С. Петрицев, В. І. Шмирко, С. М. Журавель – Запоріжжя: каф. охорони праці і навколишнього середовища, НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 14 с.

10. ДОДАТКИ

Додаток А

Зразок титульної сторінки звіту лабораторного заняття

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Запорізька політехніка»

Кафедра охорони праці і
навколишнього середовища

ЗВІТ З ЛАБОРАТОРНОГО ЗАНЯТТЯ

*«Вимірювання параметрів шуму і дослідження звукоізолюючої
спроможності акустичного екрану»*

Виконав (ла): *студент (ка) гр.* _____

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Перевірив: _____

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Додаток Б

**Допустимі рівні звукового тиску і звуку на постійних робочих місцях
(ДСН 3.3.6-037-99 «Державні санітарні норми виробничого
шуму, ультразвуку та інфразвуку»)**

Робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних полосах з середньо геометричними частотами, Гц								Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБа
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення конструкторського бюро, програмістів обчислювальних машин, прийому хворих в медпунктах	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення управління, робочі кімнати	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Кабіни спостережень і дистанційного керування: - без мовного зв'язку по телефону - з мовним зв'язком по телефону	84	87	82	78	75	73	71	70	80
	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Приміщення і дільниці точного складання, машинописні бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Приміщення лабораторій для експериментальних робіт, для шумних агрегатів, обчислювальних машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємства	99	92	86	83	80	78	76	74	80