

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

### ЗАХИСТ ВІД ВИРОБНИЧОГО ШУМУ

**Мета:** навчитися визначати рівень звукового тиску, який створюється декількома джерелами шуму на робочому місці, оцінити його відповідність санітарним нормам виробничого шуму; навчитись визначати зниження шуму матеріалом ізолюючої перегородки, запропонувати засоби захисту, за допомогою яких можна досягти потрібного зниження шуму.

Експлуатація переважної більшості технологічного обладнання, енергетичних установок, машин та механізмів пов'язана з виникненням шумів та вібрації різної частоти та інтенсивності, котрі справляють несприятливий вплив на організм людини.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіологічні та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Індивідуальні особливості людини, пов'язані з різними психологічними реакціями на вплив шуму, суттєво впливають на його сприйняття.

Шум не лише погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 10—15%, але нерідко призводить до професійних захворювань.

Матеріальні збитки від цих захворювань значно більші, ніж від інших професійних захворювань. У зв'язку з цим боротьба з шумом має не лише санітарно-гігієнічне, але й техніко-економічне значення, вказує на необхідність розробки комплексу інженерно-технічних та організаційних заходів щодо зниження шуму до нормативних значень.

Під *шумом* розуміють несприятливе поєднання звуків різної інтенсивності, частоти і тиску, які впливають на організм людини, заважають відпочивати і працювати. З фізіологічної точки зору шум – це будь-який небажаний звук, що сприймається органом слуху людини.

Звук характеризується частотою звукових коливань, звуковим тиском та інтенсивністю.

Для оцінки та аналізу шумів весь слуховий діапазон частот ( $f = 20 \dots 20000$  Гц) розбивають на смуги – *октави* – смуга частот, у якої відношення верхньої частоти до нижньої дорівнює двом.

Характеристикою кожної смуги є середньгеометрична частота  $f_{\text{ср}}$ , яка для октави вираховується за виразом  $f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$ . Значення  $f_{\text{ср}}$  для восьми стандартизованих октавних смуг дорівнюють 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

*Звуковий тиск*  $P$ , Па – це різниця між миттєвим значенням повного тиску у середовищі за наявності звуку та середнім тиском у цьому середовищі за відсутності звуку.

*Інтенсивність звуку*  $I$ , Вт/м<sup>2</sup> – це середній потік звукової енергії за одиницю часу віднесений до одиниці площі поверхні перпендикулярної до напрямку розповсюдження звукової хвилі.

Для фізіологічної оцінки інтенсивності та звукового тиску використовують відносні величини – рівень інтенсивності звуку  $L_I$  та рівень звукового тиску  $L_p$ , одиницею вимірювання яких є децибел (дБ):

$$L_I = 10 \lg(I/I_0), \quad (6.1)$$

а рівень звукового тиску  $L_p$  в дБ:

$$L_p = 10 \lg (P/P_0)^2 = 20 \lg(P/P_0), \quad (6.2)$$

де  $I$  і  $P$  відповідно інтенсивність і звуковий тиск в даній точці, а  $I_0$  і  $P_0$  – інтенсивність і звуковий тиск порогу чутності.

Для орієнтовної гігієнічної оцінки параметрів постійного широкосмужного шуму на робочих місцях, що нормуються, дозволяється за характеристику постійного шуму приймати рівень звуку в дБА, який вимірюється за шкалою “А” шумоміра:

$$L_A = 20 \lg(P_A/P_0), \quad (6.3)$$

де  $P_A$  – середньоквадратичний звуковий тиск з урахуванням коригування “А” шумоміра, Па;  $P_0$  – порогове значення звукового тиску, Па.

Коригування полягає у введенні поправок до рівнів звукового тиску в залежності від частоти. Коригований рівень звукового тиску дорівнює:

$$L_A = L - \Delta L_A, \quad (6.4)$$

де  $L$  – значення загального рівня шуму;  $\Delta L_A$  – корекція, дБ.

Коригування необхідне, для наближення результатів об’єктивних вимірювань до суб’єктивного сприйняття шуму людиною. Стандартні значення коригування такі:

Частота, Гц	16	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\Delta L$ , дБ	80	42	26,3	16,1	8,6	3,2	0	-1,2	-1,0	-1,1

Норми шуму на робочих місцях регламентуються Санітарними нормами виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99. При нормуванні шуму враховується характер роботи та умови технологічного процесу.

Параметрами постійного шуму на робочих місцях, що нормуються, є рівні звукових тисків в октавних смугах з середньгеометричними частотами 31,5; 63; 125; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц в децибелах.

Шум на робочих місцях не повинен перевищувати допустимих рівнів згідно ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (таблиця 6.1).

Зони з рівнем звуку вище 85 дБА повинні бути позначені знаками небезпеки. Працюючих в цих зонах адміністрація зобов’язана забезпечити засобами індивідуального захисту.

Таблиця 6.1 – Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях

Робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ в октавних смугах із середньгеометричними частотами, Гц								Рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Висококваліфікована робота, що вимагає зосередження, адміністративно-керівна діяльність, вимірювальні та аналітичні роботи у лабораторії: робочі місця в приміщеннях цехового керівного апарату, контор, лабораторій	79	70	63	58	55	52	50	49	60

3.Робота, що виконується за вказівками та акустичними сигналами, 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	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	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Виконання всіх видів робіт (крім перелічених у пп. 1 - 4 та аналогічних їм) на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та території підприємств	95	87	82	78	75	73	71	69	80

### Визначення рівня звукового тиску при одночасно працюючих джерелах шуму

Сумарний рівень звукового тиску від декількох джерел шуму визначається за формулою:

$$L_{\text{сеп}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i} \quad (6.5)$$

де  $L_i$  – октавний рівень звукового тиску розглядуваного джерела, дБ;  $i$  – номер джерела;  $n$  – загальна кількість джерел в приміщенні.

В разі  $n$  однакових джерел шуму формула має вигляд:

$$L_s = L_i + 10 \cdot \lg n \quad (6.6)$$

де  $L_i$  – октавний рівень звукового тиску одного джерела,  $n$  – кількість джерел.

При двох різних джерелах шуму  $L_1 > L_2$ :

$$L_s = L_1 + \Delta L \quad (6.7)$$

де  $\Delta L$  – добавка, визначається із таблиці 5.1 в залежності від різниці  $L_1 - L_2$ .

Якщо кількість джерел  $n > 2$ , то користуючись таблицею 6.2 необхідно послідовно додавати рівні, починаючи, починаючи із максимального. Спочатку визначають різницю двох додаваних рівнів, потім – добавку до більш високого з додаваних рівнів. Після цього добавку слід додати до більшого з додаваних рівнів.

Наприклад: рівні звукового тиску від п'яти джерел шуму становлять відповідно 81, 83, 87, 90, 91, для того, щоб знайти сумарний рівень звукового тиску  $L_s$  спочатку знаходимо різницю між значенням звукового тиску найбільш інтенсивного джерела і джерела із наступною інтенсивністю:  $L_{\text{різн1}} = 91 - 90 = 1$ ; із таблиці вибираємо  $\Delta L_{\text{доп1}} = 2,5$ . Знаходимо сумарний рівень звукового тиску для двох джерел  $L_{s1}$ , додаючи  $\Delta L_1$  до значення звукового тиску найбільш інтенсивного джерела:  $L_{s1} = 91 + 2,5 = 93,5$  дБ. Далі шукаємо різницю між знайденим  $L_{\text{різн2}}$  двох джерел із наступним значенням звукового тиску:

$$L_{\text{різн2}} = 93,5 - 87 = 6,5, \text{ отже } \Delta L_2 = 0,9, \text{ тоді } L_{s2} = 93,5 + 0,9 = 94,4 \text{ дБ;}$$

$$L_{\text{різн3}} = 94,4 - 85 = 9,4; \Delta L_3 = 0,5; L_{s3} = 94,4 + 0,5 = 94,9 \text{ дБ;}$$

$$L_{\text{різн4}} = 94,9 - 83 = 11,9; \Delta L_4 = 0,3; L_{\text{с4}} = 94,9 + 0,3 = 95,2 \text{ дБ}$$

$$L_{\text{різн5}} = 95,2 - 81 = 14,2; \Delta L_5 = 0,2; L_{\text{с5}} = 95,2 + 0,2 = 95,4 \text{ дБ}$$

Знайдемо сумарний рівень звукового тиску від даних п'яти джерел за формулою 6.5.

$$L_s = 10 \cdot \lg(10^{0,1 \cdot 81} + 10^{0,1 \cdot 83} + 10^{0,1 \cdot 85} + 10^{0,1 \cdot 87} + 10^{0,1 \cdot 90} + 10^{0,1 \cdot 91}) = 95,3$$

Таблиця 6.2 – Додавання рівнів звукового тиску

Різниця двох додаваних рівнів	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
Добавка $\Delta L$ до більш високого рівня	3	2,5	2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

**Завдання 6.1.** В офісному приміщенні одночасно працюють три установки (варіанти завдань вибрати із таблиці 6.3). Рівні звукового тиску, що випромінюються кожним джерелом наведені в таблиці 6.3. Визначити сумарні октавні рівні звукового тиску одночасно працюючих джерел послідовним сумуванням (формула 6.7) і за формулою 6.5. Порівняти отримані результати.

Таблиця 6.3 – Вихідні дані до завдання 6.1

Рівень джерела шуму, дБА	Варіанти									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
А, 80	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-
Б, 84	-	+	-	-	+	+	-	+	-	+
В, 81	+	+	+	-	+	-	+	-	-	-
Г, 92	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-
Д, 95	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+
Е, 96	-	-	-	+	-	+	+	-	+	+

**Завдання 6.2.** Визначити сумарний рівень звукового тиску при  $n$  однакових одночасно працюючих джерелах шуму, рівновіддалених від розрахункової точки, за даними таблиці 6.4, користуючись формулою 6.6.

Таблиця 6.4 – Вихідні дані до завдання 6.2

Вихідні дані	Варіанти									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Звуковий тиск $L$ , дБ	92	90	87	83	81	78	75	70	65	60
Кількість джерел звуку, $n$	3	4	5	3	4	5	3	4	5	3

### Методи та засоби захисту від шуму

Для боротьби з шумом застосовують методи і засоби колективного та індивідуального захисту. Згідно з ГОСТ 12. 1. 029-80 “ССБТ. Способы и методы защиты от шума. Классификация” на підприємствах, в першу чергу, необхідно застосувати засоби колективного захисту. Методи колективного захисту поділяють на: архітектурно-планувальні, інженерні, організаційні та акустичні.

Серед акустичних методів захисту найбільш поширеним методом є застосування звукоізоляції у вигляді кожухів, екранів, огорожень, кабін спостереження (при дистанційному керуванні). В основу методу звукоізоляції покладений принцип відбиття – більша частина звукової енергії  $I$ , що падає на огороження відбивається і тільки незначна її частка (близько 0,001) проникає через огороження. Ефективність звукоізоляції  $R$ , дБ характеризується коефіцієнтом звукопровідності  $\tau$  і розраховується за формулою:

$$R = 10 \lg (1/\tau), \quad (6.8)$$

де  $\tau = E_{\text{прон}}/E_{\text{пао}}$  – коефіцієнт звукопровідності перешкоди, де  $E_{\text{прон}}$  – енергія звукової хвилі, що проникла через звукоогороджувальну конструкцію, Вт;  $E_{\text{пао}}$  – енергія звукової хвилі, що падала на звукоогороджувальну конструкцію, Вт.

За звичай  $R = 20 \dots 40$  дБ. Звукоізолююча здатність багатошарової конструкції  $R$ , дБ визначається за формулою:

$$R = 20 \lg mf - 47,5, \quad (6.9)$$

де  $m$  – маса конструкції, кг/м<sup>2</sup>;  $f$  – частота коливань, Гц;

**Розрахунок звукоізоляції перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ).**

Розрахунок проводиться у восьми октавних смугах частот. Загальна звукоізоляція перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ)  $R_c$  визначається за формулою:

$$R_c = R + \Delta R \quad (6.10)$$

де  $R$  – звукоізоляція перегородки (вибирається із таблиці 6.5 в залежності від матеріалу перегородки);

$\Delta R$  – додаткова звукоізоляція за рахунок шару ЗПМ, дБ визначається за формулою:

$$\Delta R = 8,7\beta \cdot \delta + 20 \lg[(m_n + m_{\text{ш}})/m_n] \quad (6.11)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт затування, 1/м, (визначається за таблицею 6.6);

$\delta$  – товщина шару ЗПМ, м;

$m_n$  – поверхнева густина матеріалу перегородки, кг/м<sup>2</sup> (вибирається із таблиці 6.5).

$m_{\text{ш}}$  – поверхнева густина шару ЗПМ, кг/м<sup>2</sup> знаходиться за формулою:

$$m_{\text{ш}} = \rho \cdot \delta, \quad (6.12)$$

де,  $\rho$  – об'ємна густина ЗПМ,  $\rho = 20$  кг/м<sup>3</sup>;  $\delta$  – товщина шару ЗПМ, м.

Таблиця 6.5 – Звукоізоляція стін і перегородок, дБ

Конструкція	Товщина, мм	Поверхнева густина, кг/м <sup>2</sup>	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Цегляна кладка	140	220	32	39	40	42	48	54	60	60
	270	420	36	41	44	51	58	64	65	65
	410	620	41	44	48	55	61	65	62	65
Залізобетонна панель	100	250	38	38	38	44	50	58	60	60
	160	400	43	43	43	51	60	63	63	63
	200	500	40	42	44	51	59	65	65	65
	300	750	44	44	50	58	65	69	69	69
Гіпсобетонна панель	80	115	32	32	33	39	47	54	60	60
Шлакобетонна панель	140	250	39	39	39	46	53	60	60	60
	250	400	42	42	42	50	59	64	64	64

Таблиця 6.6 – Коефіцієнти затування  $\beta$ , 1/м

Звупоглинаючий матеріал	Середньгеометрична частота октавної смуги, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Полотно із супертонкого скловолокна	3	5	6	9	14	24	34	45
Полотно із супертонкого базальтового волокна	3	6	8	11	25	34	37	38

**Завдання 6.3.** Розрахувати звукоізоляцію перегородки з шаром звукопоглинального матеріалу (ЗПМ). Матеріал для перегородки і ЗПМ взяти згідно варіанту із таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Вихідні дані до завдання 6.3

Вихідні дані	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Матеріал перегородки	Цегляна кладка			Залізобетонна панель				Гіпсо-бетонна панель	Шлакобетонна панель	
Товщина перегородки, мм	140	270	410	100	160	200	300	80	140	250
ЗПМ	Полотно із супертонкого скловолокна					Полотно із супертонкого базальтового волокна				
Товщина шару ЗПМ, мм	50	60	70	80	90	100	50	60	70	80

### Питання до самоконтролю

1. Охарактеризуйте шум за таким планом: визначення, фізичні та фізіологічні характеристики, джерела виникнення, вплив на людину.
2. Як проводиться нормування виробничого шуму? Назвіть параметри, які нормуються та основні нормативні документи.
3. Які вимоги до шуму на робочих місцях із передбачені санітарними нормативами?
4. Як проводиться контроль параметрів шуму на робочих місцях?
5. Які вимірювальні прилади для визначення рівня шуму на робочих місцях вам відомі?
6. Назвіть методи захисту від шуму. Які з них доцільно застосовувати в у виробничих приміщеннях із ПЕОМ?
7. В чому полягає метод звукоізоляції? Які ви знаєте звукоізолюючі матеріали?
8. Яка ефективність методу звукопоглинання у боротьбі зі зниженням шуму? Назвіть звукопоглинальні матеріали.
9. Які ви знаєте індивідуальні засоби захисту від шуму? В яких випадках передбачене їх використання?