

ЛЕКЦІЯ 6

Гігієнічне нормування шуму та вібрації

Статистичні дані засвідчують, що протягом останнього десятиріччя шум і вібрація в промисловості зросли більше ніж у 2 рази. З підвищенням рівнів шуму і вібрації захворюваність мешканців міст збільшилась в 3 рази.

Ученими встановлено, що шкідлива дія шуму на організм людини й навколишнє природне середовище відчутніша при зростанні частоти звуку. Доведено, що перевищення допустимої норми рівня шуму (80 дБ) на 1 дБ призводить до зростання професійних захворювань на 20 – 30 % та зниження продуктивності праці на 1 %.

Австрійський дослідник Гриффіт зробив висновок, що підвищений рівень шуму є причиною старіння організму людини і скорочення тривалості її життя на 8...12 років. Мешканці шумного району Парижа – Орлі, де знаходиться великий аеропорт Франції, вживають у 7 разів більше ліків, ніж ті, які проживають у тихих районах французької столиці. Мешканці шумних районів великого міста, працівники шумних технологічних процесів переважно страждають на ішемічні хвороби серця, розлади центральної нервової системи, гіпертонію, втрату слуху, виникнення злоякісних пухлин, погіршення пам'яті тощо.

За твердженнями фахівців Українського гігієнічного центру при МОЗ України, близько 40 % загальної площі середньостатистичного міста (з населенням 750 тис. мешканців) непридатні для забезпечення належного рівня проживання через надмірне акустичне забруднення. У містах з мільйонним населенням мешканці будинків, що знаходяться близько до магістральних вулиць, зазнають значного шумового навантаження, яке у деяких випадках сягає 83 – 90 дБА, причому у 55...86 % джерелом підвищеного шуму є автотранспорт. А гранично допустимий рівень шуму на територіях, що прилягають до житлових будинків, протягом доби має становити 70 дБА від 7-ї до 23-ї години, і 60 дБА – від 23-ї до 7-ї години.

Не менш шкідливою для людини є вібрація, яка спричиняє розлад центральної нервової системи, вібраційну хворобу, вібраційний поліартрит нижніх і верхніх кінцівок людини, тріщини в кістках, випадіння волосся.

Під дією вібрації виникають функціональні зміни в організмі людини-оператора: погіршення зору; порушення вестибулярного апарату; галюцинації; швидка втомлюваність. Негативні відчуття внаслідок вібрації виникають при віброприскореннях, що становлять 5 % віброприскорення від сили маси людини, тобто $0,5 \text{ м/с}^2$. Особливо шкідлива вібрація з частотами, близькими до частот власних коливань тіла людини, більшість з яких знаходиться у межах 6...30 Гц. Резонансні частоти окремих частин тіла знаходяться у межах, Гц: очі – 22...27; горло – 6...12; грудна клітка – 2...12; ноги й руки – 2...8; голова – 8...27; обличчя та щелепи – 4...27; поперекова частина хребта – 4...14; живіт – 4...12.

Багато вчених встановили, що шум і вібрація шкідливо діють не тільки на людину, але й на рослинний і тваринний світ. Виявлено, що шум сповільнює

ріст рослин, у них спостерігається надмірне (навіть повне, що призводить до загибелі) виділення вологи через листя, можливе порушення структури клітин.

Гине листя і квіти рослин, що ростуть біля джерела шуму. В клітинах рослини відбуваються метаболічні зміни морфологічних ознак або навіть генні мутації. Ці явища спричиняють негативний вплив на еволюцію рослин на сучасному етапі розвитку, оскільки виживають переважно мутанти з різними відхиленнями від нормального розвитку (кривий стовбур, змінена форма листків тощо). Внаслідок таких мутацій, особливо в містах, підвищується кількість дерев мутагенної структури. Під дією надмірного шуму врожайність рослин зернової групи, особливо в природних смугах, зменшується у 2 – 3 рази.

Аналогічно впливає шум і на тварин. Тваринний організм, як і людський, унаслідок дії шуму зазнає значних розладів: нервових, серцево-судинних, погіршення слуху. До дії шуму тварина звикає ще повільніше, ніж людина.

Шум особливо впливає на диких тварин, змушуючи їх залишати шумні лісові масиви з достатньою кількістю харчів, і переселятись у малошумні території, де їх обмаль.

Від шуму реактивного літака личинки бджіл втрачають орієнтацію, а у пташиних гніздах виникають тріщини в шкарлупі яєць. Від шуму знижуються надоя корів, приріст ваги у тварин, несучість курей. Шкідливо впливає шум на рибу, особливо в період нересту. Окрім того, шум є небезпечним для тварин, які збираються вивести приплід, та для майбутніх нащадків. Так, бджолина матка під дією шумів значної інтенсивності може загинути.

Тваринний організм має більш розвинуті органи чуття, верхня абсолютна межа чутливості його слухового аналізатора знаходиться нижче від верхньої межі аналізатора людини, тобто больовий поріг у багатьох тварин досягається раніше, ніж у людини. Тому сильний шум такі тварини, як коти, собаки, а також деякі види птахів сприймають як больові сигнали.

Із наведеного можна зробити висновок, що тиша сьогодні потрібна не тільки людині, але всьому природному середовищу. Один із російських учених-медиків Н. Бурчасов зазначав: «Якщо раніше ми говорили, що чистота – це запорука здоров'я, то тепер стала не менш важлива істина: тиша – це запорука здоров'я». Справді, сьогодні на всій планеті тиша стала рідкістю.

Сильний шум нині справедливо називають «невидимою отрутою». Боротися з шумом і вібрацією нині значить продовжити життя на Землі.

Залежно від фізичної природи шуми поділяють на такі групи:

— шум механічного походження, що виникає при вібрації поверхонь обладнання, а також при одинарних або періодичних ударах у з'єднаннях деталей або конструкціях;

— шум аеродинамічного походження, що виникає внаслідок різних процесів у газах: завихрення й коливання повітря при обертанні лопаткових коліс; пульсації тиску під час руху в повітрі деяких тіл з великими швидкостями; витікання стиснутого повітря, газів, пари та ін.;

— шум електромагнітного походження, що виникає внаслідок коливань електричних пристроїв (ротора, статора, осердя, трансформатора та ін.) під дією змінних магнітних полів;

— шум гідравлічного походження, що виникає у рідинних процесах

(гідравлічні удари, кавітація, турбулентність потоку та ін.).

В умовах експлуатації обладнання, машин, механізмів, промислових установок нескладно виявити, яке власне джерело спричиняє зростання шуму. Якщо, наприклад, у житловий будинок проникає шум від одночасно працюючих компресорної та вентиляційної установок сусіднього підприємства, то послідовним вимиканням цих установок і вимірюванням шуму кожної з них можна виявити домінуюче джерело шуму.

Для таких поширених джерел шуму, як вентиляторні, компресорні, газотурбінні та інші аеродинамічні установки, шумові характеристики можуть бути розраховані за методиками, наведеними в довідковій літературі.

Характеризуючи шумові потужності багатьох промислових підприємств, слід зауважити, що найбільш шумними є деревообробні підприємства, де застосовується деревообробне обладнання (рубальні машини, рейсмусові, круглопилкові верстати та ін.), рівень шуму яких знаходиться в межах 93...118 дБА.

На практиці застосовують два принципи нормування шуму:

— нормування шуму на основі граничних спектрів (гранично допустимих рівнів звукового тиску) в октавних смугах частот;

— нормування шуму, що базується на регламентуванні рівня звуку в дБА. Суть першого принципу нормування шуму полягає в наступному - нормами передбачаються диференційовані вимоги до допустимих рівнів шуму в приміщеннях різного призначення залежно від кваліфікації, характеру та категорії напруженості праці. Шум вважається допустимим, якщо рівні звукового тиску у всіх октавних смугах частот у нормованому діапазоні 63...8000 Гц будуть нижчими, ніж значення, які визначаються граничним спектром.

Суть другого принципу нормування шуму полягає в інтегральному оцінюванні всього шуму, визначенні його середньої величини.

Слід зауважити, що нормування шуму як за граничними спектрами, так і за рівнями звуку в дБА застосовується лише для оцінювання постійного шуму на робочих місцях.

Для оцінювання непостійного шуму використовують еквівалентний рівень, що прирівнюється до рівня постійного звуку, широкосмугового, неімпульсного шуму, який впливає на людину аналогічно непостійному шуму.

Для приблизного оцінювання постійного широкосмугового шуму на робочих місцях допускається приймати рівень звуку в дБА, що вимірюється за часовою характеристикою шумоміра "Повільно".

Нормованою характеристикою непостійного шуму на робочих місцях є інтегральний критерій – еквівалентний рівень звуку в дБА.

Нормованою характеристикою постійного шуму на робочих місцях є рівні звукового тиску в октавних смугах із середньгеометричними частотами (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Допустимі межі рівнів звукового тиску

Найменування приміщень, робочих місць	Рівень звукового тиску, дБ в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц								Рівень звуку та еквівалентний рівень звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	80000	
Постійні робочі місця та робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Приміщення конструкторських бюро, лабораторій, програмістів, користувачів комп'ютерів, медпунктів, поліклінік	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення і дільниці точного збирання виробів, приміщень лабораторій для виконання експериментальних робіт	94	87	82	78	75	73	71	70	80
Приміщення пультів, кабін для спостереження, дистанційного керування	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Важливим при нормуванні шуму є врахування категорії важкості та напруженості праці. Для окремих виробництв, в тому числі й деревообробної галузі, де виконуються роботи різних категорій важкості, переважно важких робіт, існуючими нормами дозволяється зниження на певну величину допустимих рівнів звуку (табл. 1.5).

Таблиця 1.5 – Оптимальні рівні звуку на робочих місцях для робіт різних категорій важкості та напруженості

Категорії напруженості праці	Категорії важкості праці			
	Легка I	Середньої важкості II	Важка III	Дуже важка IV
Малонапружена I	80	80	75	75
Помірно напружена II	70	70	65	65
Напружена III	60	60	–	–
Дуже напружена IV	50	50	–	–

Гігієнічне нормування вібрації

Стандарт ДСТУ 2300-93 «Вібрація. Терміни та визначення» розглядає вібрацію як сукупність механічних коливань пружних твердих тіл, що

характеризуються періодичністю зміни своїх параметрів.

Основними параметрами вібрації є: частота, амплітуда (вібропереміщення), віброшвидкість, віброприскорення, рівень віброшвидкості та рівень віброприскорення.

Вібрацію або коливання в інженерній практиці поділяють на три види: власні коливання, вимушені коливання та автоколивання.

Власні коливання – це коливання твердих тіл, що виникають у результаті дії сил пружності. Математичною моделлю власних коливань з урахуванням сил тертя є вираз

$$m \cdot \ddot{x} + r \cdot \dot{x} + c \cdot x = 0,$$

де m – маса коливного тіла, кг;

x – вібропереміщення, мм;

r – коефіцієнт тертя;

c – жорсткість коливного тіла, кг/мм.

Вимушені коливання виникають у результаті дії зовнішніх (вимушених) сил.

Математична модель вимушених коливань має вигляд

$$m \cdot \ddot{x} + r \cdot \dot{x} + c \cdot x = F,$$

де F – вимушена сила, кг.

Автоколивання виникають в результаті дії сил тертя.

Амплітуда коливань – максимальне зміщення коливного тіла (системи) від нейтральної осі.

В елементарному вигляді амплітуду вимушених (A) коливань можна виразити рівнянням

$$A = \frac{F}{m \cdot (f_{вл} - f_{вм})}, \quad \text{мм},$$

де F – вимушена сила, кг;

$f_{вл}$ – частота власних коливань, Гц;

$f_{вм}$ – частота вимушених коливань.

одиницями вимірювання амплітуди можуть бути мікрон, міліметр, сантиметр і метр.

Віброшвидкість і віброприскорення коливної системи під дією вимушених сил визначають за формулами

$$v = 2 \cdot \pi \cdot f_{вм} \cdot A, \quad \text{мм};$$

$$q = 2 \cdot \pi \cdot f_{вм}^2 \cdot A, \quad \text{мм},$$

де v і q – відповідно віброшвидкість та віброприскорення.

Важливими параметрами вібрації є рівні віброшвидкості та віброприскорення.

Логарифмічні рівні віброшвидкості (L_v) визначають за формулою

$$L_v = 20 \cdot \lg \frac{v}{v_0}, \text{ дБ,}$$

де v – фактична віброшвидкість, мм/с;

v_0 – порогове значення віброшвидкості, що дорівнює $5 \cdot 10^{-8}$ м/с, міжнародна стандартна величина (для локальної та загальної вібрації).

Рівень віброприскорення визначають за формулою

$$L_q = 20 \cdot \lg \frac{q}{q_0}, \text{ дБ,}$$

де q – фактичне віброприскорення, мм/с²;

q_0 – опорне значення віброприскорення, що дорівнює $3 \cdot 10^{-4}$ мм/с² (для локальної та загальної вібрації).

За способом передачі на тіло людини вібрацію поділяють на загальну, яка передається через опорні поверхні тіла людини, та локальну (місцеву), яка передається через руки людини.

Загальна вібрація за джерелом її виникнення поділяється на:

- транспортну, що виникає внаслідок руху транспортних засобів на дорогах;

- транспортно-технологічну, що виникає під час роботи машин, які виконують технологічні операції в стаціонарному положенні або під час переміщення на спеціально підготованих частинах виробничих приміщень або майданчиках (наприклад, під час роботи баштових, консольно-козлових кранів тощо);

- технологічну, що передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації.

Для забезпечення віробезпеки на робочих місцях у виробничих приміщеннях важливу роль відіграє гігієнічне нормування вібрації. Гігієнічне нормування та оцінювання вібрації, що діє на людину у виробничих умовах, проводять за одним з методів:

- частотним (спектральним) аналізом нормованого параметра;
- інтегральною оцінкою за частотою нормованого параметра;
- дозою вібрації.

Гігієнічною характеристикою вібрації є нормовані параметри, вибрані залежно від застосовуваного методу її гігієнічної оцінки.

При частотному (спектральному) аналізі нормованими параметрами є середні квадратичні віброшвидкості, їхні логарифмічні рівні або віброприскорення для локальної вібрації в октавних смугах частот, а для загальної вібрації – в октавних або 1/3 октавних смугах частот.

При інтегральному оцінюванні за частотою нормованим параметром є коректоване значення контрольного параметра U , виміряне за допомогою спектральних фільтрів або розраховане за формулою

$$U = \sqrt{\sum_{i=1}^n (U_i \cdot K_i)^2},$$

де U_i – середнє квадратичне значення контрольного параметра (віброшвидкості або віброприскорення) в i -й частотній смузі;

n – число частотних смуг (1/3 або 1/1 октавних) у нормованому частотному діапазоні;

K_i – питомий коефіцієнт для i -ї частотної смуги.

Оцінювання локальної вібрації здійснюється за середнім часом дії, за

допомогою коректованого значення

$$U_{сер} = \sqrt{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^m U_i^2},$$

де U_i – коректоване значення контрольного параметра, в i -му проміжку часу.

При оцінці за допомогою дози вібрації нормованим параметром є еквівалентне коректоване значення, що визначається за формулою

$$U_{екв} = \sqrt{\frac{D}{t}},$$

де D – доза вібрації, що визначається за формулою

$$D = \int_0^t U^2(\tau) d\tau$$

де U^2 – миттєве коректоване значення параметра вібрації в момент часу τ , отримане за допомогою коректувального фільтра;

τ – час впливу вібрації протягом робочої зміни.

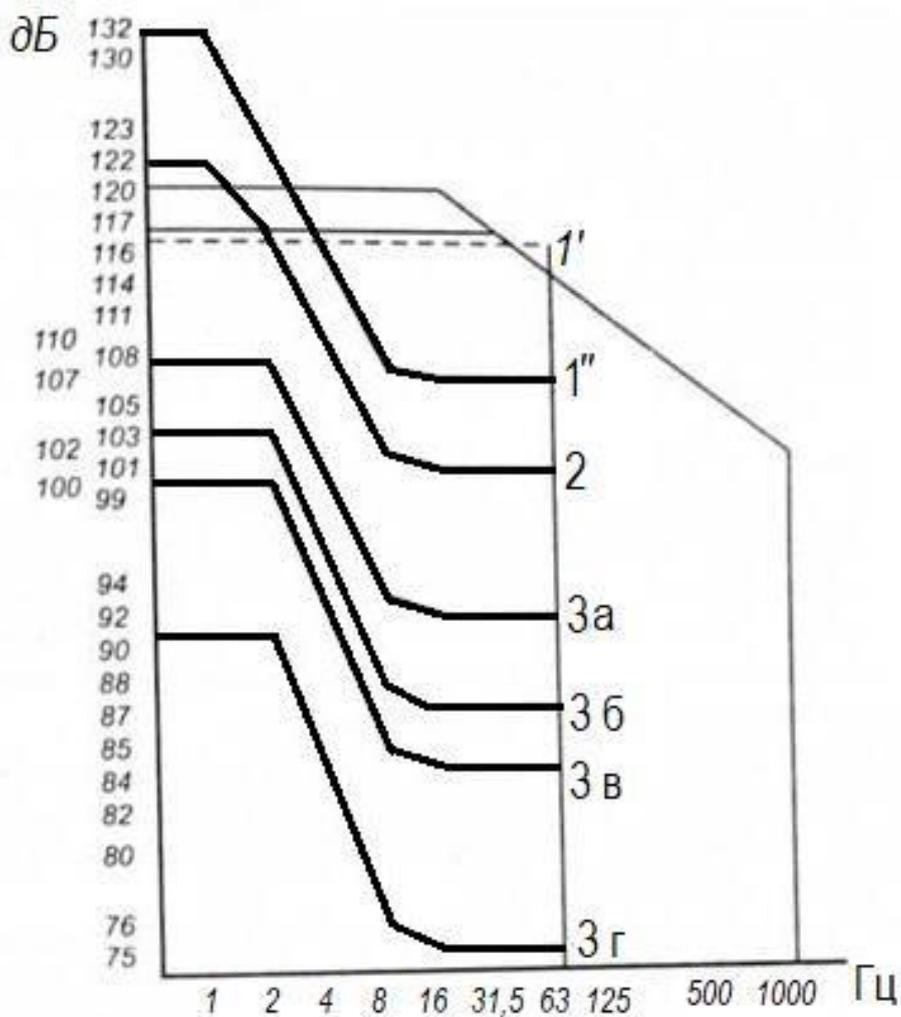
Вібрації, що діють на людину, нормують окремо для кожного встановленого напрямку.

Гігієнічні норми вібрації, що впливають на людину у виробничих умовах, встановлюють для тривалості 480 хв. (8 год.). При дії вібрації, що перевищує встановлені нормативи, тривалість її впливу на людину протягом робочої зміни слід зменшити згідно з даними табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Допустима тривалість вібраційного впливу при перевищенні нормативних значень

Перевищення нормативів вібрації для робочих місць, не більше		Допустима тривалість вібраційного впливу при роботі на стаціонарних і транспортних машинах, не більше, хв.
дБ	разів	
0	1,0	480
3	1,4	120
6	2,0	60
9	2,8	30
12	4,0	15

Гігієнічні норми у логарифмічних рівнях середніх квадратичних значень віброшвидкості для октавних смуг наведені на рис. 1.1.



1' – вертикальна; 1'' – горизонтальна транспортна; 2 – транспортно-технологічна; 3а – технологічна у виробничих приміщеннях; 3б – у службових приміщеннях на судах; 3в – у виробничих приміщеннях без віброуючих машин; 3г – в адміністративно-управлінських приміщеннях і приміщеннях для розумової праці

Рисунок 1.1 – Гігієнічні норми вібрації

Загальний спектр частот вібрації містить октавні частотні смуги із середньгеометричними значеннями: 1; 2; 3; 4; 8; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц. Вібрація із середньгеометричними частотами до 31,5 Гц вважається низькочастотною, з більшими середньгеометричними частотами — високочастотною. Тривалий вплив вібрації із середньгеометричними значеннями частот 16...250 Гц є особливо небезпечним.

Питання для самоконтролю:

1. На скільки зросли шум і вібрація в промисловості протягом останнього десятиріччя за статистичними даними?

2. Які функціональні зміни в організмі людини виникають під дією вібрації?
3. На які групи поділяють шуми залежно від фізичної природи?
4. Які принципи нормування шуму застосовують на практиці?
5. В чому полягає суть першого принципу нормування шуму?
6. В чому полягає суть другого принципу нормування шуму?
7. Що є нормованою характеристикою постійного шуму на робочих місцях?
8. Що використовують для оцінювання непостійного шуму?
9. Що є важливим враховувати при нормуванні шуму?
10. Основними параметрами вібрації є?
11. Як поділяється загальна вібрація за джерелом її виникнення?
12. За яким методом проводять гігієнічне нормування та оцінювання вібрації, що діє на людину у виробничих умовах?
13. Гігієнічною характеристикою вібрації є...