

Шум та вібрація. Основні поняття та визначення. Гігієнічне нормування шуму та вібрації. Шкідлива дія шуму і вібрації на організм людини та методи захисту. Інфра- та ультразвук, можливі та граничнодопустимі рівні.

Звук - це розповсюдження звукової хвилі в пружному середовищі. Він характеризується частотою звукових коливань, амплітудою та часовими змінами коливань. Звуковий спектр поділяється на інфразвук, частота коливань звукової хвилі якого знаходиться в межах від 0 до 20 Гц - людина цих звуків не відчуває. Звуки з частотою від 20 до 20 000 Гц - звуковий діапазон, який людина чує. Частота від 20 000 Гц до 10^9 Гц - ультразвук, від 10^9 і вище - гіперзвук - людське вухо їх не сприймає.

Шум - це коливання звукової хвилі в звуковому діапазоні, що характеризується змінною частотою і амплітудою, непостійні в часі, які не несуть корисної інформації людині. **Виробничий шум** – це неупорядкований збіг звуків, різних за частотою та інтенсивністю, які виникають при механічних коливаннях в твердих, рідинних та газоподібних середовищах.

Вібрація - це механічні коливання, що призводять до розладу життєвих функцій людини, шкідливо впливають на роботу обладнання та руйнують будівельні конструкції.

Звукові коливання будь-якого середовища виникають при порушенні його стаціонарного стану під впливом збурюючої сили. Частиці середовища починають коливатися відносно положення рівноваги, при цьому швидкість цих коливань (коливальна швидкість) значно менша швидкості розповсюдження звукових хвиль (швидкості звуку), яка залежить від пружних властивостей, температури та щільності середовища. Під час звукових коливань у повітрі утворюються зони зниженого та підвищеного тиску, які визначають звуковий тиск. **Звуковим тиском** зветься різниця між

миттєвим значенням повного тиску та середнім тиском в незбуреному середовищі.

При розповсюдженні звукової хвилі в просторі відбувається перенос енергії, кількість якої визначається інтенсивністю звуку. Середній потік енергії в будь-якій точці середовища за одиницю часу, віднесений до одиниці площі поверхні, нормального до напрямку розповсюдження хвилі, зветься **інтенсивністю звуку** в даній точці.

Характеристикою джерела шуму є звукова потужність P , яка визначається загальною кількістю звукової енергії, що випромінює джерело шуму в оточуюче середовище за одиницю часу.

Сприймання людиною звуку залежить не тільки від частоти, а й від інтенсивності звукового тиску. Найменша інтенсивність I_0 і звуковий тиск P_0 , які сприймає вухо людини, зветься порогом чутності або умовним нулем чутності. Порогові значення I_0 і P_0 залежать від частоти звуку. При частоті 1000 Гц звуковий тиск $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па, $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м². При звуковому тиску $P = 2 \times 10^2$ Па, а $I = 10$ Вт/м² виникають больові відчуття (больовий поріг) в слухових органах людини. Між порогом чутності і больовим порогом лежить ділянка чутності. Різниця між больовим порогом та порогом чутності дуже велика (10^{13} Вт/м²). Користуватися шкалою, яка має такий великий розбіг, неможливо. Тому А. Г. Белл запропонував використати логарифмічну шкалу, яка дає змогу визначати рівень шуму у відносних одиницях. Для больового порогу ця відносна величина буде мати значення:

$$L = \lg I/I_0 = \lg 10/10^{-12} = 10 \lg 10, \text{ у зв'язку з тим, що } \lg 10 = 1, \text{ то } L = 10$$

- цю одиницю назвали Белл (Б), тобто $L = 10$ Б.

Але шкали, що має 10 поділок для визначення інтенсивності шуму, що відповідає границі від нульової чутності до больового порогу, недостатньо. В техніці використовують одиницю, у десяти, разів меншу за Белл - децибел (дБ). Таким чином, шкала чутності складатиме 130 дБ.

У зв'язку з тим, що інтенсивність звуку пропорційна квадрат звукового тиску, для рівня порогового значення можна записати:

$$L = \lg P^2 / P_0^2 = 2 \lg P / P_0 \text{ Б, або } L, = 20 \lg P / P_0 \text{ дБ.}$$

Рівнями інтенсивності шуму зазвичай оперують при виконанні акустичних розрахунків, а рівнями звукового тиску - при вимірюванні шуму та оцінки його впливу на людину, тому що людський слуховий орган чутливий не до інтенсивності звуку, а до середньоквадратичного тиску.

Для прикладу наведемо значення рівня звукового тиску різних джерел шуму:

Джерело шуму	Звуковий тиск, Па	Інтенсивність, звуку, дБ
Шум зимового лісу в тиху погоду	$2 \cdot 10^{-4,5} - 2 \cdot 10^{-4,9}$	2-4
Шепіт на відстані 1 м	$2 \cdot 10^{-3}$	40
Розмова середньої гучності на відстані 1 м	$2 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-1}$	60-74
Робота верстатів, що створюють значний шум (робоче місце біля верстата)	$2 \cdot 10^{-1} - 2$	80-100
Робота пневмокомпресора, штампувального преса на відстані 1 м	$2 \cdot 10$	120
Шум ракетного двигуна літака на відстані 2-3 м	$2 \cdot 10^2$	130-140

Несприятливий вплив шуму на людину залежить не тільки від рівня звукового тиску, а й від частотного діапазону шуму, а також від рівномірності його впливу впродовж часу. Кожне джерело шуму може бути представлене своїми утворюючими тонами у вигляді залежностей рівня звукового тиску від частоти (частотним спектром шуму або просто спектром). Спектри шумів можуть бути лінійчастими (дискретними), суцільними та змішаними. Більшість джерел шуму на підприємствах мають змішаний або суцільний спектр. При зміні та аналізі шумів, а також при проведенні акустичних розрахунків весь діапазон частот поділяють на смуги певної ширини. Смуга частот, у якій відношення верхньої граничної частоти f_2 до нижньої f_1 дорівнює

2, називається октавою. Якщо $f_2/f_1 = 2^{1/3} = 1,26$, то ширина полоси дорівнює 1/3 октави.

Характеристикою кожної полоси частот є середньгеометрична частота f_{cr} яка для октави вираховується за виразом $f_{cr} = (f_1 f_2)^{1/2}$.

Широкополосні шуми мають неперервний спектр, ширина якого перевищує 1 октаву, а в спектрі тональних шумів чути окремі тони.

За часовими характеристиками шуми поділяються на постійні й непостійні. Постійними вважаються такі шуми, рівень звуку яких їм восьмигодинний робочий день змінюється в часі не більш ніж на 5 дБА. Непостійні шуми, рівень звуку яких змінюється за восьмигодинний робочий день більш ніж на 5 дБА, у свою чергу поділяються на коливальні в часі, переривчасті та імпульсні, які складаються із сигналів тривалістю менше 1 с.

У виробничих приміщеннях зазвичай знаходиться декілька джерел шуму. Два однакових джерела шуму разом утворюють рівень шуму на 3 дБ більший, ніж рівень кожного з них: $L_{сум} = L + 10\lg N$, для різної інтенсивності: $L_{сум} = 10\lg(10^{0,1L_1} + \dots + 10^{0,1L_N})$.

Багатьма дослідженнями встановлено, що шум є загальнобіологічним подразником і в певних умовах може впливати на всі системи життєдіяльності людини. Найповніше вивчено вплив шуму на слуховий орган людини. Інтенсивний шум, особливо за високих частот - 4000 Гц і більше, що переходять в більш низькі частоти і визначають здатність до сприймання мови, при щоденному впливі призводить до виникнення професійного захворювання тугоухості, симптомом якого є повільне втрачання слуху на обидва вуха.

При дуже високому звуковому тиску може статися розрив барабанної перетинки. Найбільш несприятливими для органів слуху є високочастотні шуми (1 000-10 000 Гц).

Шум також впливає безпосередньо на різні відділення головного мозку, змінюючи нормальні процеси вищої нервової діяльності. Цей вплив може

негативно позначитися навіть раніше, ніж виникнуть проблеми із сприйняттям звуків органами слуху. Характерним впливом шуму є скарги на підвищення втомлюваності, загальну слабкість, роздратування, апатію, послаблення пам'яті, пітливість та інші нездужання. Практикою встановлено також вплив шуму на органи зору людини - зниження гостроти зору та зниження чутливості розрізнення кольорів. Страждає від шуму також вестибулярний апарат, порушуються функції шлунково-кишкового тракту, підвищується внутрішньочерепний тиск, порушуються процеси обміну в організмі та ін.

Шум, особливо переривчастий, імпульсний, погіршує здатність до виконання точних робочих операцій, утруднює сприйняття інформації. Всесвітня організація охорони здоров'я (ВОЗ) відзначає, що найбільш чутливими до впливу шуму є такі операції як збір інформації, складання і мислення.

Несприятливий вплив шуму на працюючу людину призводить до зниження продуктивності праці, створюються передумови для виникнення нещасних випадків та аварій. Все це визначає велике економічне і оздоровче значення заходів по боротьбі з шумом.

Нормування шуму для робочих місць регламентується санітарними нормами та державним стандартом. Для постійних шумів нормування ведеться по граничному спектрі шуму. Граничним спектром зветься сукупність нормативних рівнів звукового тиску в дев'яти октавних смугах частот із середньгеометричними частотами 31,5, 63,125,500,1000,2000,4000,8000 Гц. Кожен граничний спектр позначається цифрою, яка відповідає допустимому рівню шуму (дБ) в октавній полосі із середньгеометричною частотою 1000 Гц. Наприклад, граничний спектр ГС-85 означає, що в цьому граничному спектрі допустимий рівень шуму в октавній смузі з середньгеометричною частотою 1000 Гц дорівнює 85 дБ.

У виробничих умовах часто шум має непостійний характер. Для цих умов найбільш зручно застосовувати середні величини, які звуться еквівалентним (по енергії) рівнем звуку $L_{екв}$, що характеризує середнє значення енергії звуку в дБА. Цей рівень вимірюється спеціальним інтегруючим шумоміром або розраховується.

Для вимірювання рівнів звукового тиску і звуку використовують таку апаратуру: вимірювач шуму та вібрації ВШВ-1 (вимірювач шуму та вібрації); шумомір типу Ш-71 з октавними фільтрами ОФ-5 і ОФ-6; шумомір PS 1-202 з октавними фільтрами ОФ-101 фірми RET (Німеччина); шумоміри типу 2203, 2209 з октавними фільтрами типу 1613 фірми «Брюль і К'єр» (Данія).

У шумомірі звук, який сприймається мікрофоном, перетворюється в електричні коливання, які посилюються, проходячи через коректуючі фільтри і випрямник, а потім реєструються стрілковим або самописним приладом.

На підприємствах вимірювання шуму на робочих місцях повинно проводитись не менше одного разу на рік.

Величини звукового тиску за низьких частот мають більш високі значення і знижуються з підвищенням частоти. Це пояснюється тим, що людський організм легше переносить, низькі частоти і значно гірше – високі.

Нормами передбачається робочі зони з рівнем звуку, що перевищують **85** дБА, позначати спеціальними знаками, а працюючих у цих зонах забезпечувати засобами індивідуального захисту. Забороняється навіть короткочасне перебування людей у зонах з октавним рівнем звукового тиску, що перевищує **135** дБ у будь-якій октавній смузі.

Вібрація

Вібрація характеризується частотою коливань (Гц), амплітудою (А), зміщенням точки коливання від положення рівноваги (мм), коливальною або віброшвидкістю (V, м/с) та віброприскоренням (a, м/с²).

Залежно від способу передачі вібрації тілу людини розрізняють:

- локальну (місцеву), що передається людині через руки;
- загальну, що передається на тіло людини через опорні поверхні тіла.

Загальна вібрація поділяється на:

- транспортну, яка передається людині, яка знаходиться на транспортному засобі, що рухається;

- транспортно-технологічну, яка передається оператору машини з обмеженим переміщенням, яке здійснюється по спеціально підготовленим поверхням виробничих приміщень або промислових площадок;

- технологічну, яка передається від стаціонарних машин на робочі місця, що не мають джерела вібрації, через підлогу, фундаменти або робочі площадки, де працює оператор.

Частота гармонійного коливального руху (f) визначається за формулою:

$f = n/60$ (Гц), де n - число обертів за хвилину.

Віброшвидкість (V) розраховується за виразом: $V = 2 \pi f A = \omega A$ (м/с), де A - амплітуда коливаль (м); ω - колова частота ($1/с^2$).

Віброприскорення (a) розраховується за виразом: $a = (2\pi f)^2 A$, (м/с²).

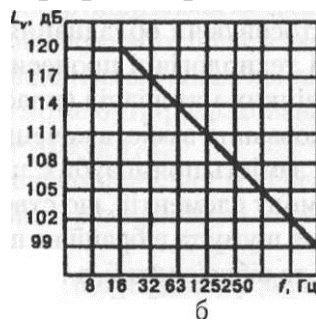
Дія вібрації на людину оцінюється рівнем вібрації, вимірною логарифмічними одиницями - дБ через рівні віброшвидкості:

$L_v = 20 \lg V/V_0$, (дБ), або через віброприскорення:

$L_a = 20 \lg a/a_0$, (дБ), де $V_0 = 5 \times 10^{-8}$ м/с, $a_0 = 3 \times 10^{-4}$ м/с² -

граничні (порогові) значення віброшвидкості та віброприскорення.

Норми загальної технологічної та локальної вібрації для восьмигодинної робочої зміни приведені на графіках (рис. 13.2).



13.2. Гігієнічні норми вібрації: а - загальна технологічна, б - локальна
Довготривалий вплив на людину загальної вібрації призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та вегетативної нервових систем, захворювання органів травлення, а також серце-*и о*-судинної системи.

Місцева вібрація викликає порушення периферійного кровообігу і нервової системи та м'язово-суглобного апарату. Тривала дія локальних вібрацій часто призводить до вібраційної хвороби з незворотними змінами в цих системах. Одночасна дія підвищеного шуму та вібрації, охолодження всього організму або кінцівок поглиблюють захворювання. Профілактика впливу вібрацій на організм людини включає ряд заходів технічного, санітарно-гігієнічного та лікувального характеру. Найкращим захистом є до-тримання нормативних параметрів інтенсивності вібрації.

Допустимі рівні вібрації передбачають допустимі значення коливальної швидкості, що передається на руки безпосереднім контактом із віброуючою поверхнею. Ці норми у вигляді графічного спектра наведені на рис. 13.2, б.

Середньогометричні частоти октавних смуг частот вібрацій стандартизовані і становлять: 1,2,4,8,16,32,63,125,250,500,1000, 2000 Гц.

Захист від шуму та вібрації

Існують такі способи боротьби з шумом механічного походження та вібрацією:

- зменшення шуму та вібрації безпосередньо в джерелах їх виникнення, застосовуючи обладнання, що не утворює шуму, замінюючи ударні технологічні процеси безударними, застосовуючи деталі із незвінких матеріалів (пластмаса, гума, деревина та ін), підшипники ковзання замість кочення, косозубі та шевронні зубчасті передачі замість прямозубих, проводячи своєчасне обслуговування та ремонт елементів, що створюють шум та ін.;

- зменшення шуму та вібрації на шляхах їх розповсюдження заходами звуко- та віброізоляції, а також вібро- та звукопоглинання;

- зменшення шкідливої дії шуму та вібрації, застосовуючи індивідуальні засоби захисту та запроваджуючи раціональні режими праці та відпочинку.

Способи зменшення шумів аеродинамічного та гідродинамічного походження:

- зменшення швидкості руху повітря та рідин, що забезпечує їх ламінарний режим течії;

- встановлення глушників, що вміщують звукопоглинаючі матеріали і поглинають звукову та коливальну енергію, що потрапляє на них;

- встановлення глушників, що подрібнюють потоки, зменшуючи таким чином їх енергію; спрямування потоку у зворотньому напрямку, що дає змогу взаємопоглинатися енергіям потоків прямого та зворотнього напрямків, які контактують через перетинку.

Одним із найпростіших та економічно доцільних способів зниження шуму є застосування методів звукоізоляції та звукопоглинання.

ЗВУКОІЗОЛЯЦІЯ

Звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки виготовляють із щільних твердих матеріалів, здатних добре відбивати звукові хвилі,

запобігаючи їх розповсюдженню (метал, пластмаса, бетон, цегла). Ефективність звукоізоляції характеризується коефіцієнтом відбиття, який чисельно дорівнює долі енергії звукової хвилі, відбитої від поверхні огороження, що ізолює джерело шуму.

ЗВУКОПОГЛИНАННЯ

Пористі конструкції та матеріали, здатні поглинати падаючу на них енергію звукових хвиль, яка в цьому випадку витрачається на приведення в рух повітря в масі конструкції. Долю енергії звукової хвилі, що поглинає пористий матеріал, називають коефіцієнтом звукопоглинання α . Звукопоглинаючими матеріалами є поліуретан, мінеральна вата, супертонке скловолокно, пористий бетон, перфоровані гіпсові плити - акмігран та ін., що мають коефіцієнт звукопоглинання

($a=0,2\dots0,9$). Звукопоглинаючі та звукоізолюючі матеріали, зазвичай, використовують разом.

Для захисту від шуму, що випромінюється в діапазоні високих і середніх звукових частот, застосовуються акустичні екрани. Це щити, облицьовані зі сторони джерела шуму звукопоглинаючим матеріалом товщиною не менше 50-60 мм. Їх призначення - зниження інтенсивності прямого звуку або відбитого шуму, що спрямовується на працівника.

Захист від шуму будівельно-акустичним методом потрібно проектувати на підставі акустичного розрахунку, який дозволяє визначити в розрахункових точках очікувані рівні звукового тиску і зіставити з нормованими. Визначення рівня звукового тиску в розрахункових точках проводять згідно з будівельними нормами і правилами «Нормы проектирования. Защита от шума». Для зниження шуму всередині промислових приміщень проводять їх акустичну обробку, яка полягає в розміщенні на внутрішніх поверхнях приміщень звукопоглинаючих матеріалів. Ефект від їх використання досягається за рахунок зменшення енергії звукових хвиль.

Боротьба з аеродинамічним та гідродинамічним шумом

Для поглинання аеродинамічних та гідродинамічних шумів застосовують такі типи глушників: активні й реактивні. Активні глушники застосовують у вигляді облицьовальних матеріалів зсередини повітро- та рідинопроводів, які поглинають імпульсні коливання повітря та рідин, що виникають при їх турбулентній течії. Реактивні глушники налаштовуються на найбільш інтенсивну складову шуму за частотою шляхом розрахунку та розміщення елементів глушника, які відбивають енергію. При цьому досягається зниження шуму на 20-30 дБ. Для отримання ефективного зниження шуму в широкому діапазоні частот застосовують комбіновані глушники.

Боротьба з електромагнітним шумом

Електромагнітний шум виникає при взаємодії феромагнітних мас і змінних магнітних полів. Цей шум характерний для обладнання із електроприводом. Зниження шуму електромагнітного походження досягається шляхом конструктивних змін в електричних машинах.

Ультразвук

Ультразвук - це коливання пружного середовища з частотою понад 20000 Гц. Ультразвуковий діапазон частот поділяється на **низькочастотні** коливання (від $1,12 \times 10^4$ до 10^5 Гц), що розповсюджуються повітряним і контактним шляхом, та **високочастотні** коливання (від 10^5 до 10^9 Гц), що розповсюджуються тільки контактним шляхом. Ультразвук, як і звук, характеризується ультразвуковим тиском (Па), інтенсивністю ($\text{Вт}/\text{м}^2$) та частотою коливань (Гц). При розповсюдженні в різних середовищах ультразвукові хвилі поглинаються тим швидше, чим вища їх частота. Поглинання ультразвуку супроводжується нагріванням середовища. Ступінь його біологічного впливу (в основному контактного) при контакті з рідким середовищем, що озвучене ультразвуком, залежить від часу контакту, інтенсивності, частоти і характеру ультразвукових коливань. У працюючих з ультразвуковими установками нерідко спостерігаються функціональні порушення нервової, серцево-судинної систем, зміна кров'яного тиску, складу і властивостей крові, головний біль, швидка втомлюваність.

Джерелами ультразвуку можуть бути різні акустичні перетворювачі, найпоширеніший з них - магнітострикційний перетворювач, що працює від змінного струму і генерує механічні коливання і частотою понад 20 кГц.

Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях звукових та ультразвукових коливань, що поширюються повітряним шляхом, не повинні перевищувати таких значень:

Середьгеометричні частоти триоктавних смуг, кГц	Рівень звукового тиску, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5...100	110

Із метою підвищення безпеки людини слід застосовувати ультразвук більш високих частот, які більш безпечні, передбачати дистанційне управління і системи блокування. Ультразвукові установки повинні мати кожухи або екрани із органічного скла або СТАЛЕВИХ листів, що оброблені протишумною мастикою, гумовим покриттям.

При обслуговуванні установок, що випромінюють ультразвук, слід застосовувати спеціальні рукавички з багат шарового матеріалу (гума, тканина) та захоплювачі-маніпулятори, що виключають безпосередній контакт людини з вібруючим обладнанням.

Інфразвук

Інфразвук - це механічні коливання пружного середовища, що мають однакову із шумом фізичну природу, але різняться частотою коливань, яка не перевищує 20 Гц. У повітрі інфразвук поглинається незначно. У зв'язку з цим він здатний поширюватися на великі відстані.

Інфразвук характеризується інфразвуковим тиском (Па), інтенсивністю ($\text{Вт}/\text{м}^2$), частотою коливань (Гц). Рівні інтенсивності інфразвуку та інфразвукового тиску визначаються в дБ.

У виробничих умовах інфразвук утворюється при роботі тихохідних великогабаритних машин та механізмів (компресорів, металообробного обладнання, електричних та механічних приводів машин та ін.), що здійснюють обертальні або зворотно-поступальні рухи з повторним

циклом до 20 разів за секунду. Інфразвук аеродинамічного походження виникає при турбулентних процесах, в потоках газів та рідин.

Багато природних явищ - землетруси, виверження вулканів, морські бурі і т.д. супроводжуються випромінюванням інфразвукових коливань.

Інфразвук несприятливо впливає на весь організм людини, в.т.ч. і на органи слуху, знижуючи слухову чутність на всіх частотах.

Інфразвукові коливання сприймаються як фізичне навантаження, в результаті якого виникає втома, головний біль, запаморочення, порушується діяльність вестибулярного апарату, знижується гострота зору та слуху, порушується периферійний кровообіг, виникає відчуття страху і т.ін. Важкість впливу залежить від діапазону частот, рівня звукового тиску та тривалості. Низькочастотні коливання з рівнем інфразвукового тиску, що перевищує 150 дБ, людина не в змозі перенести. Особливо несприятливі наслідки викликають інфразвукові коливання з частотою 2...15 Гц у зв'язку з виникненням резонансних явищ в організмі людини. Особливо небезпечною є частота 7 Гц, тому що вона може збігатися з а-ритмом біотоків мозку.

У відповідності до санітарних норм, рівні звукового тиску інфразвуку в октавних смугах із середньгеометричними частотами 2; 4; 8 та 16 Гц не повинні перевищувати 105 дБ, а в діапазоні частот 32 Гц- 102 дБ.

Боротьба з несприятливим впливом інфразвуку ведеться в тих самих напрямках, що і боротьба з шумом. Найдоцільніше зменшувати інтенсивність інфразвукових коливань на стадії проектування машин та агрегатів.