

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

І. В. РЕМЕШЕВСЬКА, О. Г. ГРУШИНА

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з виконання розрахунку зниження рівня шуму
за рахунок екранування**

Рекомендовано Методичною радою НУК

Електронне видання
комбінованого використання на DVD-ROM



МИКОЛАЇВ ♦ НУК ♦ 2016

УДК 614.8(076)
ББК 65.9(2)248я73
Р 37

Укладачі:

І. В. Ремешевська, канд. техн. наук;
О. Г. Грушина, асистент

Рецензент С. М. Літвак, канд. техн. наук, доцент

Ремешевська І. В.

Р 37 Методичні вказівки з виконання розрахунку зниження рівня шуму за рахунок екранування / І. В. Ремешевська, О. Г. Грушина. – Миколаїв : НУК, 2016. – 35 с.

Методичні вказівки містять необхідні теоретичні відомості щодо явища шуму, джерел виникнення і дії шуму на людину, нормування та засобів боротьби з шумом. Наведено методику, порядок виконання та приклад розрахунку зниження рівня шуму за рахунок екранування.

Призначено для студентів денної та заочної форм навчання усіх спеціальностей, які вивчають дисципліну "Охорона праці в галузі". Можуть використовуватися при виконанні розділу "Охорона праці" в дипломних проектах.

УДК 614.8(076)
ББК 65.9(2)248я73

Навчальне видання

РЕМЕШЕВСЬКА Ірина Володимирівна
ГРУШИНА Ольга Григорівна

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
з виконання розрахунку зниження рівня шуму
за рахунок екранування**

Комп'ютерне верстання *А. Д. Літвінова*
Коректор *М. О. Паненко*

© Ремешевська І. В., Грушина О. Г., 2016
© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2016

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,0. Об'єм даних 1482 кб.
Тираж 15 прим. Вид. № 22. Зам. № 80.

Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв Сталінграда, 9, м. Миколаїв, 54025
E-mail : publishing@nuos.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2506 від 25.05.2006 р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Теоретичні відомості	5
1.1. Дія шуму на людину. Нормування шуму	9
1.2. Джерела шуму і шумові характеристики	14
1.3. Засоби боротьби з шумом.....	20
2. Розрахунок очікуваного рівня шуму і необхідної ефек- тивності заходів з шумоглушіння	22
2.1. Звукоізоляція і звукопоглинання	24
2.2. Приклад виконання розрахунку зниження рівня шуму за рахунок екранування	29
3. Завдання для виконання самостійної роботи	31
Контрольні питання	34
Рекомендована література.....	35

ВСТУП

Інтенсивний шум несприятливо діє на організм людини і може стати причиною професійних захворювань. При роботі в умовах шуму знижується продуктивність праці. Шум притупляє увагу, уповільнює реакцію людини на ті чи інші подразники, заважає сприйняттю корисних сигналів, що особливо небезпечно на роботах, пов'язаних з машинами та механізмами.

Питання боротьби з шумом повинні вирішуватися на стадії проектування машин, транспортних засобів, обладнання, будівель, споруд, населених пунктів, а також у процесі виготовлення, випробування, приймання, експлуатації та ремонту цих об'єктів.

Мета роботи – набуття практичних навичок у визначенні основних характеристик шуму та самостійному вирішенні інженерної задачі – розрахунку зниження рівня шуму.

1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Шумом називаються звуки, що заважають сприйняттю корисних звуків або порушують тишу, а також звуки, що роблять шкідливий вплив або подразнюючу дію на організм людини.

Виробничий шум – це сукупність різних за гучністю і тоном звуків, які виникають у повітряному середовищі.

Розрізняють шуми:

- механічний (під час роботи конвеєра, виконання завантажувально-розвантажувальних робіт);
- електромагнітний (під час роботи електромагнітних пристроїв змінного струму);
- аеродинамічний (у разі витоку газів, руху повітря у вентиляційних камерах);
- гідродинамічний (під час руху води і різноманітних рідин);
- повітряний (розповсюджується в повітряному середовищі);
- структурний (внаслідок коливання конструкцій стін, перекриттів, перегородок будівлі).

Як основні величини, що використовуються для нормування шуму і розрахунків шумоглушіння, приймають звуковий тиск у паскалях (Па) і його рівень в децибелах (дБ).

Звуковий тиск (p) – різниця між миттєвим значенням тиску в даній точці середовища при проходженні через цю точку звукових хвиль і середнім тиском, який спостерігається в цій самій точці за відсутності звуку.

Рівень звукового тиску визначають за формулою

$$L = 20 \lg(p_{\text{сер}} / p_0), \quad (1.1)$$

де $p_{\text{сер}}$ – середньоквадратичне значення звукового тиску в точці вимірювання, Па; p_0 – граничне значення звукового тиску, прийняте за міжнародною угодою рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Якщо за восьмигодинний робочий день рівень звукового тиску на робочому місці змінюється не більше ніж на 5 дБ, то шум називають *постійним*, інакше – *непостійним*.

Непостійний шум у свою чергу поділяють на такий, що *коливається* у часі, якщо рівень звукового тиску безперервно змінюється; *переривчастий*, якщо рівень звукового тиску різко падає до рівня фонового шуму, причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень тиску залишається постійним і перевищує рівень фону, становить 1 с і більше (наприклад, шум викиду стисненого повітря з ресивера компресора, шум від одиначної шліфувальної машини і т. п.); *імпульсний*, що складається з одного або декількох звукових сигналів, кожен тривалістю менше 1 с (наприклад, шум при забиванні цвяхів молотком і т. п.).

При розгляді питань охорони праці зазвичай користуються октавними смугами частот, середні значення яких відповідають діапазону чутних звуків і складають стандартний ряд (16), (31,5), 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 (16000) Гц. У дужках показані частоти, в яких шум, як правило, не нормують, хоча вони лежать в чутному діапазоні частот.

Частотний склад шуму характеризує його спектр. *Спектром шуму* називають залежність рівня звукового тиску

в частотних смугах від середніх частот цих смуг. Спектр можна представити або у вигляді таблиці, або графічно у вигляді ламаної лінії. Як середню частоту октавної смуги приймають середньгеометричні частоти:

$$f_{\text{сер}} = \sqrt{f_{1\text{гр}} f_{2\text{гр}}}, \quad (1.2)$$

де $f_{1\text{гр}}$ і $f_{2\text{гр}}$ – крайні частоти смуги.

Спектр, а, отже, і шум, якому він відповідає, може бути *низькочастотним* (максимум рівня звукового тиску знаходиться в області частот нижче 300 Гц), *середньочастотним* (область частот від 300 до 800 Гц) і *високочастотним* (область частот більше 800 Гц).

Звук з частотами нижче 20 Гц називають *інфразвуком*, а з частотами вище 20 кГц – *ультразвуком*. Ці звуки не чутні для людини.

Шум називають *тональним*, якщо в ньому прослуховується звук певної частоти. В іншому випадку він буде *широкосмуговим*. Приклад тонального шуму – сигнали автомобілів, а широкосмугового – шум водоспаду.

Важливою характеристикою звукового (шумового) поля (тобто області простору, в якій спостерігається шум), крім звукового тиску і частоти, є **інтенсивність звуку**. Вона являє собою потік енергії, яку переносять звуковими хвилями в одиницю часу через майданчик 1 м^2 , орієнтовану перпендикулярно напрямку звукового променя. Інтенсивність звуку – векторна величина, яка вимірюється у ватах на метр квадратний (Вт/м^2). З точки зору охорони праці інтерес представляє лише середня в часі величина інтенсивності.

Інтенсивність і звуковий тиск p пов'язані між собою співвідношенням.

$$I = \overline{p^2} / \rho c, \quad (1.3)$$

де p^2 – середній квадрат звукового тиску, Па^2 ; p – щільність середовища, у якому поширюється звук, кг/м^3 ; c – швидкість звуку в даній точці середовища, м/с .

Для повітря незалежно від атмосферного тиску згідно:

$$c = 20\sqrt{T}, \quad (1.4)$$

де T – абсолютна температура повітря, К .

Рівень інтенсивності звуку визначають за формулою (в дБ):

$$L_1 = 10 \lg I / I_0, \quad (1.5)$$

де $I_0 = 10^{-12}$ – стандартне порогове значення інтенсивності, Вт/м^2 .

Величина I_0 обрана такою, що при нормальних атмосферних умовах ($t = 20^\circ\text{C}$, $p = 1,2 \text{ кг/м}^3$) рівень звукового тиску L і рівень інтенсивності L_1 чисельно дорівнюють один одному. Рівність цих величин спрощує акустичні розрахунки.

Якщо в дану точку простору приходять некогерентні звукові хвилі (тобто хвилі, фази яких у різні моменти часу відрізняються одна від одної) з рівнями звукового тиску L_i , то рівень звукового тиску сумарного звуку складе (в дБ):

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}, \quad (1.6)$$

де n – загальне число незалежних доданків рівнів.

Ця формула відповідає умові, що інтенсивності всіх некогерентних джерел складаються:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n. \quad (1.7)$$

Тому, якщо є m однакових джерел, кожне з яких створює в даній точці рівень звукового тиску L_1 , сумарний рівень буде розраховуватися за формулою:

$$L = L_1 + 10 \lg m. \quad (1.8)$$

Наприклад, якщо одне джерело створює рівень $L_1 = 73$ дБ, то 100 джерел створять рівень $L = 73 + 10 \lg 100 = 93$ дБ.

Подвоєння числа джерел щоразу збільшує рівень на 3 дБ.

Для вимірювання шуму і його спектра застосовують шумоміри з відповідними фільтрами і частотні аналізатори.

Вимірювання шуму проводять для контролю відповідності фактичних його рівнів на робочих місцях встановленим нормам, для оцінки шумового режиму в приміщеннях, розробки заходів щодо зниження шуму і оцінки їх ефективності.

1.1. Дія шуму на людину. Нормування шуму

Звук з рівнем звукового тиску меншим за деяку величину, яка називається порогом чутності, не сприймається людиною. Поріг чутності у кожної людини різний і залежить від віку, стану слуху, стомлення, індивідуальних особливостей організму, а також від частоти звуку.

Розрізняють п'ять ступенів дії шуму на людину в залежності від рівня звукового тиску. Якщо рівень звукового тиску нижче порога чутності, що відповідає повній тиші (*перший ступінь дії шуму*), то людина відчуває психологічний дискомфорт. Вона мимоволі прислухається до шуму свого подиху, процесу травлення і т. п. У природі такі умови практично не зустрічаються. Зазвичай людину оточує нормальний, звичний для неї шумовий фон (*другий ступінь дії шуму*) з рівнями звукового тиску на середніх частотах 15...35 дБ. Такий шум необхідний для нормальної життєдіяльності.

При збільшенні рівня звукового тиску до 40...70 дБ настає *третья, психологічна*, область дії шуму. Цей шум, особливо якщо він не контролюється і несе певну інформацію, подразнює, не змінюючи функцій слуху і не заважаючи сприйняттю корисних сигналів. Він може знизити продуктивність

розумової праці, погіршити самопочуття. Прикладом такого шуму є музика або розмова, що заважає, шум санітарно-технічного або інженерного устаткування будівель і т. д.

Рівні звукових тисків 75...120 дБ (*четверта ступінь дії шуму*), характерні для виробничих і транспортних шумів, чинять несприятливу фізіологічну дію. У цьому випадку значно раніше, ніж уражається орган слуху, страждає центральна нервова і серцево-судинна системи. Працівники, що піддаються впливу такого шуму, часто скаржаться на дратівливість, головні болі, зниження уваги і пам'яті, сонливість, підвищену стомлюваність, порушення сну, іноді – на запаморочення. Вони частіше хворіють на гіпертонію або гіпотонію, виразкову хворобу, коліти і гастрити, неврози. У них частіше і швидше розвивається професійна приглухуватість.

Постійний шум з рівнями звукового тиску понад 120 дБ, а також імпульсний шум з рівнями, що перевищують 150 дБ при тривалості впливу 100 мс і 160 дБ при тривалості впливу 5 мс, можуть привести до акустичної травми у вигляді значного зниження слуху (*п'ятий ступінь дії шуму*). При постійному шумі з рівнями 170 дБ і вище та імпульсному шумі з рівнями 180 дБ і вище може наступити контузія і навіть смерть.

Ступінь негативного впливу шуму залежить від сили і частоти звуку, тривалості його дії, фізичного і психічного стану людини.

Шкідливий вплив виробничого шуму виявляється як у вигляді специфічного ушкодження органів слуху, так і у вигляді порушень багатьох інших органів, в першу чергу центральної нервової системи. Інтенсивний виробничий шум призводить до часткової або повної втрати слуху. Зміни слуху настають при дії шуму більше 80 дБ і відбуваються протягом 3–5 років залежно від фізичного стану працівника.

Ознаками розвитку приглухуватості є погане сприйняття розмови пошепки та шум у вухах.

Збільшення тривалості роботи в умовах підвищеного шуму супроводжується прогресивним розвитком втрати слуху. При цьому спочатку виникає слухова адаптація – зниження слухової чутливості і швидке відновлення слуху після припинення дії шуму. Згодом процес відновлення слуху затягується, а втома слухового аналізатора переходить у перевтому. Тривалий (більше 10 років) вплив шуму вище 90 дБ на працівника може викликати не тільки приглухуватість, але й абсолютну втрату слуху внаслідок дегенерації чутливих клітин внутрішнього вуха в зв'язку з їх перенапруженням. Такі розлади слуху у працівників кваліфікуються як незворотні.

Під впливом шуму відбуваються зміни не тільки в слуховому центрі нервової системи, але і в тих відділах, які регулюють такі життєво важливі функції, як кровообіг, дихання, травлення, кровотворення, рухову діяльність та інші. Це зумовлено тим, що нервові імпульси від органів слуху посилюються ретикулярною формацією і поширюються по всьому мозку.

Негативний вплив шуму на нервову систему працівника проявляється у головних болях, безсонні, швидкій стомлюваності, підвищеному потовиділенні, треморі пальців і рук, підвищеному роздратуванні, порушеннях пам'яті і уваги, а на серцево-судинну систему – у болях в області серця, зменшенні частоти пульсу, гіпотонії або гіпертонії.

Залежність між інтенсивністю шуму і концентрацією уваги зображена на рис. 1.

Порушуючи динаміку коркових процесів і психічних функцій, шум призводить до погіршення координації рухів, зниження працездатності і продуктивності праці. Дослідження фізіологів показують, що при шумі у виробничих приміщеннях

80...90 дБ працівник змушений витратити в середньому на 20 % більше енергії для збереження виробітку, досягнутого ним в умовах шуму нижче 75 дБ.

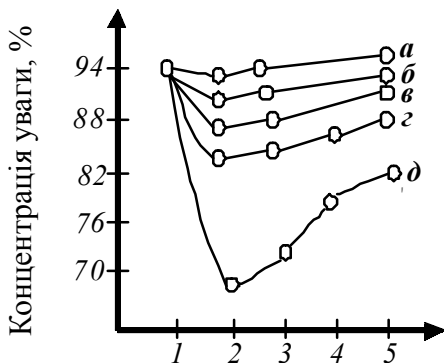


Рис. 1. Вплив шуму на концентрацію уваги (1 – до впливу шуму; 2 – одразу після впливу; 3–5 – через 30, 60 і 120 хв після впливу; інтенсивність шуму: *а* – 60 дБ; *б* – 70 дБ; *в* – 80 дБ; *г* – 90 дБ; *д* – 100 дБ)

Слід зазначити, що при певних умовах тиша може справляти негативний вплив і знижувати продуктивність праці, оскільки навіть незначні звуки привертають увагу працівника, відволікаючи від роботи. Нормальний шумовий фон підвищує рівень збудження і позитивно впливає на працездатність людини. Тому при виконанні багатьох робіт доцільним є стимулюючий рівень шуму у вигляді музики, яка до того ж створює гарний настрій.

Однак подальше підвищення шуму знижує працездатність, а сам шум починає дратувати людину, внаслідок чого погіршується її увага. До того ж залежно від емоційного забарвлення, мажорності та інтенсивності звукового подразника звуки можуть сприйматися як неприємні, страшні, гнітючі, неспокійні, втомливі, стимулюючі, веселі, надто дивні і т. п.

Шкідливість шуму як фактора виробничого середовища і середовища проживання людини призводить до необхідності обмежувати його рівні.

Санітарні рівні шуму нормують двома способами:

- методом граничних спектрів (ГС);
- методом рівня звуку.

Метод граничних спектрів застосовується для нормування постійного шуму, передбачає обмеження рівнів звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 і 8000 Гц. Сукупність цих граничних октавних рівнів називають граничним спектром. Позначають той чи інший граничний спектр рівнем його звукового тиску на частоті 1000 Гц. Наприклад, "ГС-80" означає, що даний граничний спектр має на частоті 1000 Гц рівень звукового тиску 80 дБ. На частоті 63 Гц рівень для цього спектру дорівнює 99 дБ, а на частоті 8000 Гц – 74 дБ.

Метод рівнів звуку застосовують для нормування непостійного шуму, наприклад, зовнішнього шуму транспортних засобів, міського шуму. При цьому методі вимірюють скоригований за частотою загальний рівень звукового тиску у всьому діапазоні частот, що відповідає переліченим вище октавним смугам. Виміряний таким чином рівень звуку дозволяє характеризувати величину шуму не вісьмома цифрами рівнів звукового тиску, як у методі граничних спектрів, а однією. Вимірюють рівень звуку в децибелах шумоміром зі стандартною коригованою частотною характеристикою, в якому за допомогою відповідних фільтрів знижена чутливість на низьких частотах.

Непостійний шум характеризують еквівалентним (за енергією) рівнем звуку, тобто рівнем звуку постійного широкопasmового неімпульсного шуму, який впливає на людину так само, як і даний непостійний шум. Для визначення еквівалентного

рівня звуку $L_{\text{Аекв}}$ (дБ) потрібно виміряти в різні моменти часу t рівень звуку L_A і визначити еквівалентний рівень за формулою:

$$L_{\text{Аекв}} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T 10^{0,1 L_A} dt, \quad (1.9)$$

де T – період усереднення (у виробничих умовах зазвичай 30 хв, виміри проводяться через кожні 5–6 с).

Норми гранично-допустимого шуму в деяких приміщеннях наведено в табл. 1.

1.2. Джерела шуму і шумові характеристики

Шум за походженням поділяють на **механічний, аеродинамічний, гідродинамічний, електромагнітний**. Джерелами механічного шуму є механічні вібрації. Джерелами аеродинамічного шуму можуть бути нестационарні явища при перебігу газів і рідин. У гідродинамічних установках (насоси, турбіни) слід уникати виникнення кавітації, що викликає гідродинамічний шум. Джерелами електромагнітного шуму є механічні коливання електротехнічних пристроїв, що викликаються змінними магнітними і електричними полями.

Джерело шуму характеризують звуковою потужністю P , під якою розуміють кількість енергії у ватах, яка випромінюється цим джерелом у вигляді звуку в одиницю часу.

Рівень звукової потужності джерела (дБ) визначають за формулою:

$$L_p = 10 \lg P/P_0, \quad (1.10)$$

де P – звукова потужність джерела, Вт; P_0 – порогове значення звукової потужності, що дорівнює 10^{-12} Вт.

Таблиця 1. Норми гранично-допустимого шуму в деяких приміщеннях

Робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБ
	65	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
	Виробничі приміщення								
Приміщення конструкторських бюро, програмістів обчислювальних машин, лабораторій для теоретичних робіт та обробки експериментальних даних	71	61	54	49	45	42	40	38	50
Приміщення управління, робочі кімнати	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Кабіни нагляду та дистанційного керування: без мовного зв'язку по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80

Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємств	99	92	86	83	80	78	76	74	85
Територія нової житлової забудови: вдень	77	67	59	54	50	47	45	43	55
вночі	67	57	49	44	40	37	35	33	45
Житлові кімнати квартир в будинках нової забудови: вдень	65	54	45	39	35	32	30	28	40
вночі	55	44	35	29	25	22	20	18	30

Якщо оточити джерело шуму якою-небудь замкненою поверхнею S , то відповідно до закону збереження енергії для визначення звукової потужності джерела необхідно підсумувати добутки інтенсивності звуку у всіх точках цієї поверхні на площі елементарних майданчиків, розташованих перпендикулярно вектору I :

$$P = \int_S \bar{I} n dS, \quad (1.11)$$

де $\bar{n}$ – нормаль до поверхні S .

Формула вірна для умови, що втрати енергії між джерелом і поверхнею S відсутні.

В окремому випадку, коли джерело випромінює звукову енергію в усі сторони рівномірно, середня інтенсивність звуку (Вт/м^2) в будь-якій точці простору буде дорівнювати:

$$I_{\text{сер}} = P / 4\pi r^2, \quad (1.12)$$

де r – відстань від центру джерела до поверхні сфери, віддаленої на таку досить велику відстань, щоб джерело можна було вважати точковим, м.

Практично з помилкою, що не перевищує 1 дБ, відстань r приймають не менше двох максимальних лінійних розмірів джерела і не менше однієї довжини звукової хвилі.

Якщо випромінювання відбувається не в сферу, а в обмежений простір, вводиться кут випромінювання Ω , вимірюваний у стерadianах. Тоді

$$I_{\text{сер}} = P / \Omega \cdot r^2. \quad (1.13)$$

Якщо джерело шуму являє собою транспортний засіб, розташований на поверхні землі, то $\Omega = 2\pi$, у двогранному кутку $\Omega = \pi$, у тригранному $\Omega = \pi/2$.

Фактором спрямованості джерела називають відношення інтенсивності звуку, випромінюваного в заданому напрямку, до середньої інтенсивності

$$\Phi = I/I_{\text{ср}}. \quad (1.14)$$

Характеристикою спрямованості є залежність фактора спрямованості Φ від напрямку на джерело.

Шумова характеристика виробничого обладнання являє собою сукупність рівнів звукової потужності обладнання в стандартних октавних смугах частот. Якщо спрямованість звукового випромінювання обладнання має значення для оцінки шуму або виконання розрахунків, то характеристика спрямованості у відповідних октавних смугах також буде шумовою характеристикою. У більшості випадків для обладнання, що встановлюється в приміщеннях, характеристика спрямованості несуттєва через відображення звуку від огорож, тому для такого устаткування вона не вимірюється.

Рівень звукового тиску шуму, що випромінюється обладнанням, або рівень звуку можуть служити шумовою характеристикою обладнання, але тільки в тому випадку, якщо строго встановлене місце вимірювань цих величин щодо обладнання. Наприклад, зовнішній шум автомобілів вимірюють у децибелах на відстані 7,5 м від осі автомобіля.

У деяких випадках шумовою характеристикою невеликих агрегатів служать октавні рівні звукового тиску або рівні звуку, виміряні у вільному звуковому полі на відстані 1 м від зовнішнього контуру обладнання.

Шумові характеристики обов'язково встановлюють в стандартах або технічних умовах на обладнання і вказують у їх паспортах. Значення шумових характеристик встановлюють виходячи з вимог забезпечення на робочих місцях, селітебної території і в будівлях допустимих рівнів шуму.

1.3. Засоби боротьби з шумом

Найефективніший засіб боротьби із шумом – *зниження його в джерелі створення*. У першу чергу необхідно замінювати устаткування ударної дії на устаткування безударної дії. Так, ефективними є заміна клепання клепальними молотками на гідравлічне клепання чи зварювання, застосування прокладок великим внутрішнім тертям (гуми), поглинаючих коливальну енергію.

Зниження шуму можна досягти шляхом заміни металу іншими матеріалами – пресованим текстолітом, капроном та різними пластмасами. Боротьба із шумом тертя в джерелі його створення здійснюється головним чином за допомогою змащувальних матеріалів (наприклад, машинного масла при різанні та шліфуванні металу). Своєчасне змазування не тільки забезпечує безшумну роботу устаткування, а й зменшує зношення деталей, підвищує їх довговічність.

Важливе профілактичне значення мають організаційно-технічні заходи, такі як своєчасний ремонт, догляд та відповідне зберігання ручного механізованого інструмента. В тих випадках, коли зниження шуму в джерелі його створення не досягло потрібних результатів, слід застосовувати засоби зменшення шуму *на шляху його поширення*. Для цього рекомендується використовувати місцеву та загальну звукоізоляцію, шумовловлюючі екрани, поглинаючі фільтри, глушители шуму. Загальна звукоізоляція досягається створенням загорож (стін, стель) із звукопоглинаючих матеріалів (цеглини, бетону, залізобетону). Місцева звукоізоляція здійснюється у вигляді боксів, де розміщують окремий агрегат чи технологічну лінію.

Застосовуються також різні конструкції звукоізолюючих кабін з цегли, бетону та інших будівельних матеріалів, завдяки яким можна забезпечити практично будь-яке необхідне зниження шуму.

Важливу роль у боротьбі з шумом відіграють архітектурно-будівельні і планувальні рішення при проектуванні та будівництві промислових споруд. Шумні цехи підприємств повинні бути сконцентровані в одному–двох місцях. Їх необхідно оточувати зеленою зоною для послаблення шуму. За зеленою зоною слід розташовувати цехи середньої шумності, за ними – безшумні цехи й адміністративні приміщення. Приміщення з джерелом шуму залежно від його інтенсивності слід розташовувати на відстані 100, 200 та 1000 м від безшумних приміщень.

Одним з важливих *профілактичних засобів* попередження стомлення при дії шуму є чергування періодів роботи і відпочинку. Відпочинок знижує негативний вплив шуму на працездатність лише в тому випадку, якщо його тривалість та кількість відповідають умовам, в яких відбувається найефективніше відновлення нервових центрів. Важливе значення для осіб, зайнятих на роботах із шумом, має короткочасний відпочинок під час роботи, а також організоване дозвілля поза робочим часом.

Захист від високочастотного шуму забезпечують *засоби індивідуального захисту* (наушники, заглушки для вух та ін.). Працівники, які направляються у цехи з високим шумом, повинні обов'язково проходити медичні огляди, а під час праці для профілактики профзахворювань – профілактичні медичні огляди не менше одного разу на рік. Такі огляди допомагають своєчасно виявити зміни у стані здоров'я і запобігти профзахворюванню.

Захист від шуму регламентують такі документи: ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. Общие требования безопасности", ДСН 3.3.6.037-99.

2. РОЗРАХУНОК ОЧІКУВАНОГО РІВНЯ ШУМУ І НЕОБХІДНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ШУМОГЛУШІННЯ

Знизити шум у джерелі його виникнення таким чином, щоб на робочому місці він не перевищував допустимого, при сучасному рівні розвитку техніки вдається далеко не завжди. Тому доводиться вживати заходів для зменшення шуму на шляхах його поширення між джерелом і робочим місцем.

Знаючи шумову характеристику виробничого обладнання або транспортного засобу і провівши акустичний розрахунок, можна знайти величину октавного рівня звукового тиску або еквівалентного рівня звуку на робочому місці. Якщо цей рівень перевищує допустимий, необхідно визначити потрібне зниження шуму за допомогою заходів щодо шумоглушіння.

Очікувані рівні звукового тиску в розрахунковій точці визначають за формулами, що виводяться із закону збереження енергії.

Нехай є джерело шуму 1 (рис.2) з октавною звуковою потужністю P і робоче місце (розрахункова точка в приміщенні) 4, для якого необхідно розрахувати рівень звукового тиску L .

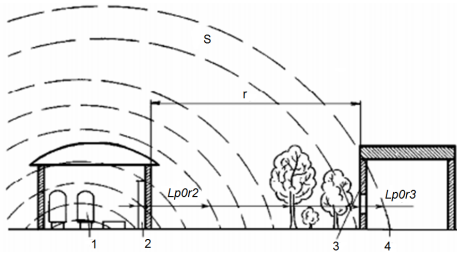


Рис. 2. Схема до виведення основного рівняння акустичного розрахунку

Звукова енергія, що випромінюється джерелом шуму, розподіляється по замкнутій поверхні S , що оточує джерело і проходить через розрахункову точку. По дорозі ця енергія послаблюється в β разів внаслідок втрат в огорожах 2 і 3, атмосфері, зелених насадженнях і т. п. Тому інтенсивність звуку в розрахунковій точці з урахуванням спрямованості джерела складатиме (Вт/м²):

$$I = \frac{P \hat{O}}{\beta S}. \quad (2.1)$$

Основна формула акустичного розрахунку має вигляд:

$$L = L_1 = L_p + 10 \lg \Phi - 10 \lg \frac{S}{S_0} - \Delta L_p, \quad (2.2)$$

де L_p – рівень звукової потужності шуму, дБ; S_0 – одинична площа, що дорівнює 1 м²; $\Delta L_p = 10 \lg \beta$ – ослаблення звукової енергії на шляху від джерела шуму до розрахункової точки за рахунок її відображення і переходу в інші форми енергії (як правило, в теплоту), дБ.

Виходячи з цієї формули, можна визначити основні напрямки боротьби з шумом технічними засобами.

До них відносяться:

- 1) зменшення звукової потужності джерела;
- 2) використання спрямованості джерела (або вихідного отвору приєднаного до джерела трубопроводу) таким чином, щоб

максимум характеристики спрямованості був звернений або вгору, або в бік будівель або ділянки місцевості, для яких допустимий рівень шуму найбільш високий або не нормується;

3) збільшення площі замкнутої поверхні S , на яку розподіляється звукова потужність джерела, що досягається за допомогою архітектурно-планувальних рішень (джерела шуму слід розміщувати якомога далі від робочих місць);

4) збільшення ослаблення звукової енергії ΔL_p між джерелом шуму і робочим місцем за допомогою звукоізолюючих перешкод (стіни, перекриття, кожуха, кабіни спостереження тощо), звукопоглинальних облицювань і звукопоглинальних конструкцій, екранів, глушників, віброізоляторів. Можливе застосування пристроїв, що заглушують шум, з негативним зворотнім акустичним зв'язком (придушення шуму забезпечується таким же шумом, що подається в протилежній фазі за допомогою радіотехнічних засобів зовнішнім шумом, що приходить на робоче місце). Засоби індивідуального захисту також збільшують ΔL_p .

Формула (2.2) має загальний характер і виведена із закону збереження енергії для акустичних явищ. У різних конкретних випадках її можна привести до того чи іншого вигляду, зручного для практичних розрахунків.

Визначивши октавні рівні L на робочому місці розрахунком або шляхом вимірювань, знаходять необхідну ефективність заходів щодо зниження шуму для кожної октавної смуги:

$$\Delta L_{\text{необ}} = L - L_{\text{доп}}, \quad (2.3)$$

де $L_{\text{доп}}$ – допустимий рівень звуку.

2.1. Звукоізоляція і звукопоглинання

Звукоізоляція конструкції (перегородки, стіни, вікна і т. п.) як фізична величина дорівнює ослабленню інтенсивності звуку при проходженні його через цю конструкцію:

$$R = 10 \lg(I_{\text{пад}} / I_{\text{пройш}}) \quad (2.4)$$

де R – фізичне значення звукоізоляції конструкції, дБ; $I_{\text{пад}}$ – інтенсивність падаючого звуку, дБ; $I_{\text{пройш}}$ – інтенсивність звуку, який пройшов, дБ.

Водночас звукоізоляцією називають суму заходів щодо зниження проходження звуку через конструкцію. Розрізняють звукоізоляцію від повітряного шуму, коли коливання конструкції збуджуються звуковими хвилями, падаючими на неї з повітря, і звукоізоляцію від структурного (ударного) шуму, коли коливання конструкції збуджуються безпосереднім механічним впливом (вібрацією встановленої на ній машини, ходьбою і т. п.).

Щоб захистити від шуму обслуговуючий персонал, на виробничих ділянках з шумними технологічними процесами або особливо гучним устаткуванням влаштовують кабінні спостереження і дистанційного керування.

Найбільш простим і дешевим способом зниження шуму у виробничих приміщеннях є пристрій звукоізолюючих кожухів, які повністю закривають найбільш гучні агрегати.

Шум знижується за рахунок застосування звукопоглинальних матеріалів. Звукопоглинальними називають матеріали і конструкції, які здатні поглинати енергію падаючого на них повітряного звуку. Це, як правило, конструкції, що складаються з пористих матеріалів. Їх застосовують або у вигляді облицювань внутрішніх поверхонь приміщень, або у вигляді самостійних конструкцій – штучних поглиначів, які зазвичай підвішуються до стелі. В якості штучних поглиначів використовують також драпірування, м'які крісла і т. п.

Поверхня звукопоглинального облицювання характеризується коефіцієнтом звукопоглинання α , рівним відношенню інтенсивності поглиненого звуку до інтенсивності падаючого:

$$\alpha = I_{\text{погл}} / I_{\text{пад}} \quad (2.5)$$

Коефіцієнт звукопоглинання залежить від виду матеріалу, його товщини, пористості, крупності зерен або діаметра волокон, наявності за шаром матеріалу повітряного проміжку і його ширини, частоти і кута падіння звуку, розмірів звукопоглинальних конструкцій і т. д. Для відкритого вікна $\alpha = 1$ на всіх частотах. Коефіцієнти звукопоглинання деяких матеріалів наведені в табл. 2.

Таблиця 2. Коефіцієнти звукопоглинання деяких матеріалів

Виріб або конструкція	Товщина шару матеріалу виробу, мм	Повітряний зазор, мм	Коефіцієнт звукопоглинання при середньгеометричних частотах октавних смуг, Гц							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Плити мінераловатні акустичні	20	0	0,02	0,03	0,17	0,68	0,98	0,86	0,45	0,20
те ж бетонна конструкція, оштукатурена і пофарбована олійною фарбою	20	50	0,02	0,05	0,42	0,98	0,90	0,79	0,45	0,19
	—	—	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02

Звукопоглинанням поверхні огороження A в квадратних метрах на даній частоті називають добуток площі огороження S на її коефіцієнт звукопоглинання α :

$$A = \alpha \cdot S. \quad (2.6)$$

Звукопоглинання приміщення складається з суми звукопоглинання поверхонь і звукопоглинання A_j штучних поглиначів:

$$A_{\text{прим}} = \sum_1^n \alpha_1 S_1 + \sum_1^m A_j, \quad (2.7)$$

де n – число поверхонь; m – число штучних поглиначів.

Постійною B приміщення називають величину:

$$B = A_{\text{прим}} / (1 - \bar{\alpha}), \quad (2.8)$$

де $\bar{\alpha}$ – середній коефіцієнт звукопоглинання, що становить:

$$\bar{\alpha} = A_{\text{прим}} / \sum_1^n S_i. \quad (2.9)$$

Зазвичай приймають, що звукова потужність джерела шуму не змінюється після влаштування звукопоглинальних конструкцій. Тому ефект зниження шуму звукопоглинальним облицюванням в децибелах визначають далеко від джерела шуму у відбитому звуковому полі за формулою:

$$\Delta L_{\text{обл}} = 10 \lg(B_2/B_1), \quad (2.10)$$

де B_1, B_2 – постійна приміщення відповідно до і після здійснення акустичних заходів.

Необхідне зниження рівня звукового тиску може бути забезпечено застосуванням тільки звукопоглинальних конструкцій, якщо в розрахункових точках у відбитому звуковому полі це зниження не перевищує 10...12 дБ, а в розрахункових точках на робочих місцях 4...5 дБ. У випадках, коли згідно з розрахунком необхідно більше зниження, крім звукопоглинальних конструкцій передбачають додаткові засоби захисту від шуму.

Для захисту працюючих від дії прямого шуму джерела застосовують екрани. Вони утворюють звукову тінь. Її розміри

залежать від співвідношень між розмірами екрану і довжиною падаючої звукової хвилі, а також від відстані між екраном і робочим місцем, що екранується. Ефективність екрану можна визначити методом Реттінгера, для чого визначають критерій загасання M :

а) при розташуванні джерела шуму і робочого місця на одному рівні:

$$M = 1,414h / \sqrt{\lambda} \sqrt{(x+y)/xy}, \quad (2.11)$$

де h – відстань від джерела шуму до вершини екрану, м; x, y – відстань від екрана до джерела шуму і до розрахункової точки, м; λ – довжина хвилі, м;

б) при розташуванні джерела шуму і робочого місця у різних рівнях:

$$M = \left[H + \frac{y(H-h)}{x} - k \right] \sqrt{\frac{2x \cos \alpha}{\lambda y(x+y)}}, \quad (2.12)$$

де H – висота екрану, м; k – висота розрахункової точки від поверхні землі, м.

Визначивши значення критерію M , за графіком (рис. 3,б) знаходять ефективність екрану ΔL .

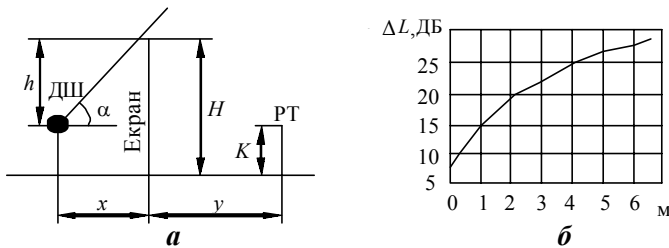


Рис. 3. Розрахунок ефективності екрану:

а – схема до розрахунку зниження шуму екраном; ДШ – джерело шуму;

РТ – розрахункова точка; h – відстань від джерела шуму до вершини екрану; H – висота екрана, м; k – висота розрахункової точки від поверхні землі, м; x, y – відстань екрана до джерела шуму і розрахункової точки;

б – залежність ефективності екрану від критерію M

Область тіні за екраном тим менше, чим більше довжина хвилі K , оскільки за рахунок ефекту дифракції довгі хвилі легко огинають екрани. З цієї причини екрани застосовують в основному для захисту від середньо- і високочастотного шуму.

2.2. Приклад виконання розрахунку зниження рівня шуму за рахунок екранування

Розрахункові рівні звукового тиску L в октавних смугах частот на вантажно-розвантажувальному майданчику промислового об'єкта і граничний спектр в зоні житлової забудови (на відстані $y = 30$ м) задані нижче.

Середньо-геометрична частота, Гц	63	125	250	5000	1000	2000	4000	8000
Рівень звукового тиску, дБ, на вантажно-розвантажувальному майданчику	60	62	60	55	51	50	40	38
Граничний спектр в зоні житлової забудови	67	57	49	44	40	37	35	33

Визначити, чи буде забезпечено зниження шуму до нормованого значення, якщо побудувати паркан із залізобетонних панелей висотою $H = 3$ м.

Розрахункова точка РТ в зоні житлової забудови та джерела шуму ДШ розташовані на одному рівні.

Відстань від екрана до найбільш віддаленого ДШ (ширина вантажно-розвантажувальної площадки) $x = 20$ м.

Викреслити поперечний розріз місця розташування ДШ, екрану і РТ (рис. 4).

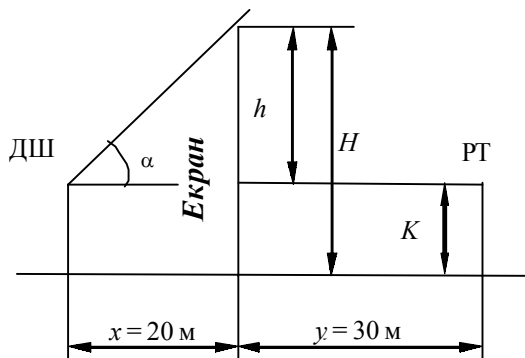


Рис. 4. Схема розташування екрану відносно джерела шуму ДШ і розрахункової точки РТ

Спочатку визначимо критерій M , за яким з графіка на рис. 3, б знаходимо величину зниження шуму ΔL . Розрахунок представимо в наступній формі:

Середньгеометрична частота, Гц	63	125	250	5000	1000	2000	4000	8000
λ	5,4	2,72	1,36	0,08	0,34	0,17	0,085	0,043
M	0,18	0,25	0,35	0,49	0,7	0,99	1,4	1,97
L , дБ	60	62	60	55	51	50	46	38
ΔL , дБ	7	8	9	10	12	14	17	18
$L - \Delta L$, дБ	53	54	51	45	39	36	29	19
L по ПС-40, дБ	67	57	49	44	40	37	35	33
Перевищення норми, дБ	—	—	2	1	—	—	—	—

Перевищення норми, зафіксовані в октавних смугах з середньгеометричними частотами 250 і 500 Гц, лежать у межах точності вимірювань. Тому практично можна вважати, що застосування екрану дозволило знизити рівень шуму в зоні житлової забудови до норми.

3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Підготуватися теоретично з наступних питань:

- а) визначення шуму;
- б) основні фізичні параметри, що характеризують шум;
- в) спектр шуму;
- г) дія шуму на людину та її нормування;
- д) джерела шуму і його характеристики;
- е) звукоізоляція;
- ж) захисні екрани.

2. Виконати розрахунок за варіантом.

Завдання для розрахунку

Провести перевірочний розрахунок зниження рівня шуму в приміщенні чергового персоналу з боку вантажно-розвантажувального майданчика промислового об'єкту за рахунок екрану (споруди суцільного паркану із залізобетонних панелей). Вихідні дані для виконання розрахунку наведені в табл. 3.

Вказівки до вирішення завдання:

- 1. Викреслити розрахункову схему.
- 2. Прийняти, що розрахункова точка і джерело шуму розташовані на одному рівні.

Таблиця 3. Вихідні дані для виконання розрахунку

ВИХІДНІ ДАНІ		ВАРІАНТИ																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Відстань від екрану, м:																						
до джерела		20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	15	20	25	
до приміщення		20	30	25	25	20	20	30	25	30	18	20	30	25	18	20	15	30	25	20	35	
Висота екрану, м		2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	2,50	2,75	3,00	3,25	3,50	3,50	3,25	3,00	2,75	2,50	
Рівні звукового тиску на вантажно-розвантажувальному майданчику, дБ, при середньогометричних частотах, Гц:																						
63	79	72	87	65	91	100	91	65	87	72	67	70	72	65	91	87	100	67	95	70	70	
125	79	88	95	70	92	93	92	70	95	88	72	88	90	72	95	70	95	72	80	65	65	
250	70	83	94	80	87	79	87	80	94	83	70	83	88	70	85	95	79	80	87	70	70	
500	68	77	91	85	84	70	84	85	91	77	80	77	83	86	76	94	72	85	84	68	68	
1000	74	75	95	90	82	68	82	90	95	75	85	75	77	85	82	91	68	68	82	74	74	
2000	63	73	88	93	82	62	82	93	88	73	90	73	75	90	88	95	65	62	82	63	63	
4000	52	70	78	102	77	57	77	102	78	70	93	70	73	93	77	88	52	57	77	52	52	
8000	50	65	72	91	70	50	70	91	72	65	102	65	68	88	70	78	50	50	70	50	50	

3. Допустимий рівень прийняти за граничним спектром ГС-60.

4. Відсутні дані прийняти самостійно.

5. Визначити:

а) критерії M ;

б) за графіком встановити величину зниження шуму;

в) рівні шуму з урахуванням їх зниження.

6. Порівняти отримані рівні шуму з гранично допустимими і зробити висновки.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке шум, які його фізичні характеристики?
2. Межі сприйняття шумів органами слуху. Поняття граничних спектрів, вимірювання шуму за шкалою дБ.
3. Як залежить інтенсивність шуму від звукового тиску?
4. Як визначити загальний рівень шуму від двох джерел з рівнями шуму 60 і 73 дБ?
5. Класифікація джерел шуму.
6. Як нормується шум?
7. Які прилади призначені для виміру шуму і який принцип їх роботи?
8. Як впливає шум на організм людини?
9. Які є методи боротьби з шумом?
10. Які заходи та засоби застосовуються для захисту від шуму?
11. Які існують індивідуальні засоби захисту від шуму?
12. Які професійні захворювання виникають під впливом шуму?
13. Що таке інфразвук, які його фізичні характеристики?
14. Як впливає інфразвук на організм людини?
15. Які допустимі рівні інфразвуку на робочих місцях?
16. Якими методами можна домогтися усунення або зменшення рівня інфразвуку?
17. Що таке ультразвук, які його фізичні характеристики?
18. Як впливає ультразвук на організм людини?
19. Які допустимі рівні ультразвуку на робочих місцях?
20. Яким чином забезпечується захист працівника від контактного ультразвуку та такого, що передається через повітря?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Безопасность жизнедеятельности [Текст] : учебник для вузов // под ред. С. В. Белова. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2004. – 606 с.
2. ГОСТ 12.1.003-83 Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://document.ua>.
3. ДНАОП 0.00-4.26-96. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. – К. : МОЗ України, 1997. – 21 с. Чинний з 01.01.96.
4. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1789>
5. **Жидецький, В. Ц.** Основи охорони праці [Текст] : підручник / В. Ц. Жидецький. – Л. : УАД, 2006. – 336 с.
6. Закон України "Про охорону праці" [Текст]. – К. : Основа, 1993. – 40 с.
7. Основи охорони праці [Текст] : підручник / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Козяков, Л. О. Мітюк // За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. – К. : Основа, 2006. – 448 с.
8. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://snipov.net>.
9. **Ткачук, К. Н.** Справочник по охране труда на промышленном предприятии [Текст] / К. Н. Ткачук, Д. Ф. Иванчук [и др.]. – К. : Техника, 1991. – 285 с.