

Змістовий модуль 3. Основи архітектурної акустики. Лекція № 10. Тема №3.4. Техніка боротьби з шумами.

Питання теми.

1. Джерела шуму і їх характеристики.
2. Архітектурно-планувальні заходи боротьби із шумами.
3. Способи передачі звуку через огороження.
4. Звукоізоляція від повітряного шуму.
5. Звукоізоляція від ударного шуму.

1. Джерела шуму і їх характеристики

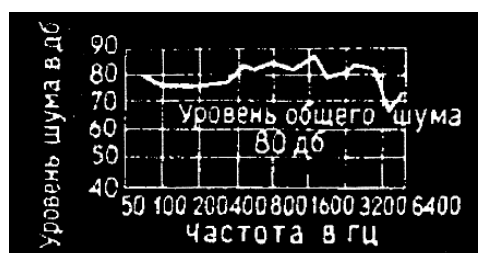
При вирішенні завдань звукоізоляції проектувальники мають справу з наступними видами звуків:

- **повітряним**, що поширюються по повітрю;
- **структурним** (або матеріальним), що поширюються у твердому тілі або в конструкції будинків;
- **ударним**, що поширюються під впливом усякого роду ударів (зокрема, при ходінні людей, русі транспорту) по конструкціях будинків, що й частково трансформуються в повітряний звук.

Під **шумом** у широкому змісті розуміють усякі звуки, що порушують тишу, що заважають сприйняттю звукових сигналів. У сучасному будівництві, що ведеться індустріальним методом, що характеризуються зростаючою механізацією виробничих процесів, розвитком транспорту, широким використанням інженерного встаткування в побуті, шум перетворився в одну зі складних проблем.

Дія шуму на людину може бути різною залежно від його **рівня, спектрального складу й тривалості дії**. Так, шум невисокого рівня, що виникає в залах для глядачів, звичайно утрудняє слухання мовлення й музики; шум середнього рівня, що виникає, наприклад, у конторських і адміністративних приміщеннях, викликає передчасну утому службовців; шуми високих рівнів у виробничих приміщеннях викликають швидке стомлення робітників, а отже, негативно впливають на продуктивність праці. *Впливаючи на центральну нервову систему, шуми послабляють увагу робітників і сприяють збільшенню травматизму.*

Спектральний склад шуму оцінюється частотною характеристикою, яка показує залежність рівня шуму від частоти коливань. На мал. 1 приводиться частотна характеристика шуму в одному із цехів.



Мал. 1.

По спектральному складу шуми називаються:

- низькочастотними із частотою коливання до 300 Гц,
- середньочастотними 300-800 Гц,
- високочастотними більш 800 гц.

За своїм характером шуми бувають:

- тривалими з постійним вузьким діапазоном спектра (наприклад, гудіння електромотора);
- тривалими із широким діапазоном мало мінливого спектра (наприклад, вуличний шум, що утворюється в результаті додавання різноманітних елементарних шумів, називаний шумовим фоном);
- епізодичними, що характеризуються вузьким спектром, високим рівнем і малою тривалістю (наприклад, шум гудка тепловоза).

Рівень сили шуму виміряється приладом - **шумоміром**; його показання визначають рівні сили звуку в децибелах. У табл. 1 приводяться рівні сили звуку, створювані деякими джерелами.

Таблиця 1

Уровни силы звуков		
Источники шума	Субъективная оценка	Уровень силы звука в дБ
Порог слышимости	Полная тишина	0
Шелест листьев	Очень тихо	20—30
Тихая музыка	Тихо	40—50
Нормальный разговор	Маложумно	50—60
Громкая речь	Шумно	60—70
Громкая музыка (передаваемая через громкоговорители)	Весьма шумно	70—80
Симфонический оркестр	То же	80—90
Производственные шумы	Тягостно	90—100
Шум самолета (на расстоянии 3 м)	Очень тягостно	120—130
Порог болевого ощущения	—	130

Шкідливий вплив шуму на організм позначається тем сильніше, чим більше рівень шуму відрізняється від звичного середнього рівня шуму навколишньої людини середовища.

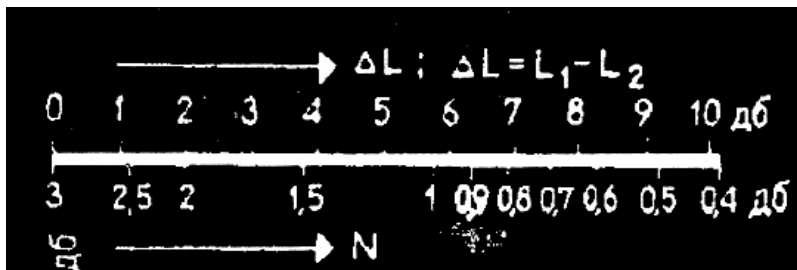
При дії декількох джерел з однаковою силою й частотою звуку сумарний рівень сили визначається в такий спосіб: якщо рівень сили одного джерела

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \text{ дБ,}$$

те при n джерелах сумарний рівень сили визначається по формулі

$$L_c = L + 10 \lg n. \quad (1)$$

Для визначення сумарного рівня сили при різних значеннях L зручно користуватися номограмою на мал. 2.



Мал. 2

Приклад. Потрібно визначити сумарний рівень сили шуму L_c при дії двох джерел $L_1 = 50$ дБ і $L_2 = 45$ дБ.

Маємо, що $\Delta L = L_1 - L_2 = 50 - 45 = 5$ дБ.

По номограмі знаходимо, що

$$L_c = L_1 + N = 50 + 1,2 = 51,2 \text{ дБ.}$$

Звичайно сумарний рівень шуму в приміщеннях створюється людьми, устаткуванням і зовнішніми джерелами шуму. Згідно зі статистичними даними питома вага кожного із цих джерел становить: у виробничих приміщеннях відповідно 10%; 80 і 10%; у приміщеннях суспільних будинків відповідно 45; 25 і 30%.

Дані про рівні сили шуму, порушуваного деяким устаткуванням у виробничих приміщеннях, приводяться в табл. 2.

Таблиця 2

Уровни силы шума, возбуждаемого при работе оборудования

Оборудование	Уровни силы звука на расстоянии 1 м в дБ
Прядильный станок	84—87
Штамповочный пресс	96—103
Кузнечный молот	110—120
Строгальный станок	101—105
Пилорама	100

Усякий шум легко переноситься людиною тільки до певної межі, названої *припустимим рівнем шуму*. Припустимий рівень залежить від шумового тла, яке звичайно створюється в приміщеннях і на вулиці; у класах рівень шумового тла звичайно становить 40-45 дБ; на вулицях 60-70 дБ.

Припустимі рівні шуму в приміщеннях різного призначення приводяться в табл. 3.

Таблиця 3

Допустимые уровни шума в помещениях

Помещения	Допустимые уровни силы шума в дБ
Радиостудии, телестудии	20--30
Палаты в больницах и санаториях; игральные и спальные в детских учреждениях	30--35
Жилые комнаты, читальные залы в библиотеках	35
Классы и аудитории в учебных заведениях	40
Зрительные залы в театрах и кино-театрах	40
Производственные помещения при шумах:	
низкочастотных	90
среднечастотных	80
высокочастотных	75

Захист приміщень від шуму здійснюється сукупністю архітектурно-планувальних, конструктивних, технологічних і експлуатаційних заходів.

2. Архітектурно-планувальні заходи боротьби із шумами

Найбільше просто й дешево захист приміщень від шуму вирішується архітектурно-планувальними заходами. Сутність їх зводиться до розподілу території міського кварталу, промислового підприємства, а також обсягу й плану будинків на гучні й тихі зони. Рациональне планування міського кварталу, території заводу, лікарні, школи звільняє проектувальників від необхідності застосовувати дорогі конструктивні засоби для звукоізоляції приміщень. Тому питання звукоізоляції треба мати на увазі, починаючи з перших етапів проектування міста, селища, промислового підприємства, будинку. Тільки після повного використання архітектурно-планувальних заходів доцільно розробляти конструктивні засоби - у межах доведеної необхідності.

По ступеню гучності місто ділиться на *чотири зони*:

- **промислова**, найбільш гучна зона з рівнями сили звуку до 80 дБ; у ній розташовуються підприємства й вулиці з інтенсивним рухом;

- **супільний і торговий центр** міста, гучна частина міста з інтенсивним рухом транспорту й пішоходів, з рівнями сили звуку до 70 дБ;
- **житлова забудова**, відносно тиха частина міста з рівнями сили звуку до 60 дБ;
- **зона тиші**; у ній розташовуються такі будинки як лікарні, радіостудії, бібліотеки; рівні сили звуку в цій зоні не перевищують 50 дБ.

Поширення шуму в містах і населених пунктах звичайно відбувається при наступних умовах:

- вільно - на відкритих просторах з різним підстильним шаром землі;
- при наявності зелених насаджень, що заповнюють простір між джерелом шуму й територією заселення міста;
- при екрануванні джерела шуму будинками, підірними стінами й ін. перешкодами.

При розрахунках зниження рівня шуму у всіх трьох випадках виходять із закону, по яким зниження сили звуку від крапкового джерела назад пропорційне квадрату відстані від даної точки до джерела звуку. При цьому вплив зелених насаджень і підстильного шару землі враховується поправочними коефіцієнтами.

3. Способи передачі звуку через огороження

При розв'язку завдання звукоізоляції приміщень доводиться мати справу з двома видами звуку: **повітряним**, що поширюється в повітрі, і **ударним**, що передається по конструкціях будинків і виникаючий при всякого роду впливах на них.

Комплекс заходів щодо захисту приміщень від повітряного й ударного звуку повинен забезпечити зниження рівнів сили обох видів шуму до, що допускаються нормами рівнів.

Передача повітряного звуку через огороження відбувається:

- а) безпосередньо через пори й нещільності в сполученнях різних огорожень;
- б) через коливання огорожень під впливом звукових хвиль;
- в) непрямым шляхом через так звані «мости» звуку, тобто найбільш слабкі у звуковій відношенні ділянки огорожень.

Передача звуку через нещільності спостерігається як у місцях сполучення різних огорожень (перегородок з перекриттями), так і в створах вікон і дверей.

Істотною є передача звуку внаслідок коливань огорожень, що виникають під впливом звукових хвиль. Характер виникаючих при цьому коливань огороження залежить від його маси й твердості, практично - від розмірів і ваги огороження й способів його сполучення з іншими конструкціями будинку.

Непряма передача звуку спостерігається у випадках, коли в огороженнях є слабкі у звукоізоляційній відношенні місця.

4. Звукоізоляція від повітряного шуму

Ступінь ослаблення рівня сили звуку огороженням, що характеризує його *звукоізолюючу здатність* від повітряного звуку R , визначається як десятикратний логарифм відносини квадратів звукового тиску від падаючого на огороження звуку до звуку, який пройшов крізь нього, тобто

$$R = 10 \lg \frac{P_i}{P_\tau} \text{ дБ}, \quad (2)$$

де τ - коефіцієнт звукової проникності;

P_i - звуковий тиск на огороження від падаючої звукової хвилі;

P_τ - звуковий тиск звукової хвилі, що пройшла через огороження.

Через те, що визначення звукового тиску пов'язане з необхідністю застосування точної вимірювальної апаратури, на практиці звукоізолюючу здатність огороження від повітряного шуму визначають по формулі

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A}, \quad (3)$$

де L_1 - рівень сили звуку (або звукового тиску) у приміщенні із джерелом шуму;

L_2 - рівень сили звуку (або звукового тиску) в ізольованому приміщенні;

A - еквівалентна площа звукопоглинання в ізольованому приміщенні; визначається з обмірюваного в ньому часу реверберації;

S - площа стіни або перегородки між приміщеннями.

У загальному випадку звукоізолююча здатність огорожень для звуків різної частоти визначається експериментальним шляхом у камерах звукоізоляції.

Минаючи через великі отвори в стінах і перегородках звукова енергія пропорційна площі прорізу. Зниження рівня сили шуму, що проходить із гучного приміщення через проріз у сусіднє, практично визначається по формулі

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{S}, \quad (4)$$

де A - повне звукове поглинання ізольованого приміщення;

S - площа відкритого прорізу.

Приклад. Потрібно визначити рівень сили шуму в приміщенні при наступних вихідних даних:

а) рівень сили звуку в гучнім приміщенні $L_1 = 75$ дБ;

б) площа відкритого прорізу 10 м^2 . Повне звукове поглинання ізольованого приміщення 100 м^2 . По формулі (4) визначаємо зниження рівня сили звуку

$$\Delta L = 10 \lg \frac{100}{10} = 10 \text{ дБ.}$$

Таким чином, рівень сили звуку в ізольованому приміщенні буде $L_2 = L_1 - 10 = 75 - 10 = 65$ дБ.

Двері й вікна є найбільш слабкими відносно звукоізоляції елементами будинку. Середня звукоізолююча здатність звичайних дверей визначається їх вагою й конструкцією сполучення полотна двері з обв'язкою. У житлових будинках середня звукоізолююча здатність вхідних дверей повинна бути на 10 дБ менш звукоізолюючої здатності стіни.

Звукоізолююча здатність дверей поліпшується: при обважненні ваги дверного полотна; ретельному пригону полотна двері до коробки прорізу; застосуванні в притворах ущільнювальних прокладок (з пористої губчатої гуми, поролону, фетру й ін.); пристрої порога або фартуха; оббивці полотна двері клейонкою по повсті з напуском її на дверну коробку на 1 - 2 см.

Підвищення звукоізолюючої здатності вікон досягається: при застосуванні конструкції остекління, що володіє малою повітропроникністю (наприклад, з пустотілих скляних блоків, скляних плиток і т.п.); при збільшенні товщини повітряного прошарку у вікнах з подвійними плетіннями.

При цьому доцільно один шар скла (внутрішній) здійснювати з більш товстого скла (наприклад, 6 мм).

У випадках, коли потрібна висока звукоізоляція вікон (наприклад, у радіостудіях), застосовуються вікна із трьома-чотирма шарами товстого скла; при цьому середні стекла встановлюються непаралельно крайнім. Міжрамний простір у таких вікнах по периметру оздоблюється звуковбирним матеріалом.

5. Звукоізоляція від ударного шуму

Акустично однорідні конструкції міжповерхових перекриттів, як правило, не мають достатню звукоізоляцію від ударного шуму. При ізоляції багат шарових перекриттів від ударного звуку вирішальне значення має включення в конструкцію перекриття пружних зв'язків. Положення цих зв'язків у конструкції перекриття визначає вплив на його звукоізолюючу здатність частоти власних коливань, твердості при вигині, а також звукових містків, по яких звукові хвилі передаються в сусідні приміщення.

Так, наприклад, застосування підвісної або підшивної стелі не забезпечує задовільної звукоізоляції від ударного шуму, тому що збуджені коливання вигину у верхньому шарі перекриття поширюються по перегородках в ізольоване приміщення, минаючи нижню підшивку.

Залежно від виду й місця розташування пружних зв'язків перекриття бувають:

- плаваючими - при рівномірнім розташуванні зв'язків-прокладок у вигляді суцільного шару або смуг;
- роздільними - коли несуча плита відділяється повітряним прошарком і пружний зв'язок-прокладка укладається по периметру плити;

- с підвісною стелею при наявності пружних зв'язків (пружин, тяжей), на яких стеля підвішується до несучих конструкцій (ферм, балок).

Найбільш широке застосування в масовім будівництві одержали перекриття плаваючого типу, у яких між несучою плитою й чистою підлогою укладаються пружні прокладки.

Пружні прокладки застосовуються у вигляді:

- а) однорідного суцільного шару;
- б) стрічок, розташованих на певній відстані;
- в) багат шаровими із пружних аркушів різної щільності.

Для усунення непрямої передачі ударного звуку необхідно конструкцію підлоги відокремлювати від стін по периметру приміщення пружними прокладками; плінтуси в цьому випадку повинні кріпитися тільки до підлоги.

Питання для самоконтролю

1. З якими видами звуків мають справу проєктувальники при вирішенні завдань звукоізоляції?
2. Як поділяються шуми за своїм характером?
3. Як визначається сумарний рівень сили звуку при дії декількох джерел?
4. На які чотири зони поділяється місто за ступенем гучності?
5. Що характеризує і як визначається звукоізолююча здатність від повітряного звуку R?
6. Наведіть способи поліпшення звукоізолюючої здатності дверей та вікон.

Список літератури

1. Гусев Н.М., Климов П.П. Строительная физика. М.: Стройиздат, 1965. – розділ II, глава 6 (с. 148 – 172).
2. Вавилин В.Ф. Строительная физика. Учеб. пособие / В.Ф.Вавилин, С.А.Коротаев, Н.М.Кузнецов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2002. – ч. 3, §§ 3.4 – 3.6 (с. 60 – 63).
3. Архитектурная физика. Учеб. для вузов/ В.К.Лицкевич, Л.И.Макриненко, И.В.Мигалина и др.; Под. ред. Н.В.Оболенского. М.: Архитектура-С, 2007. – ч. III, глава 8 (с. 304 – 367).