

## Акустические приборы и системы

УДК 534.7

В.С. Дідковський, д-р техн. наук, В.П. Заєць, Д.П. Рудь, Н.О. Самійленко

### Зв'язок між розбірливістю мови та звукоізоляцією

**Метою роботи є дослідження зв'язку розбірливості мови та звукоізоляційних властивостей огороджуючих конструкцій.**

**Problem definition of research of correlation between airborne sound insulation and speech intelligibility is concerned.**

#### Вступ

Захист від шуму – одна із найважливіших вимог, яка висувається до експлуатаційних характеристик приміщень різного призначення.

Із усіх основних засобів захисту від проникаючого шуму в першу чергу використовують звукоізоляційні огорожувальні конструкції.

Розрізняють, звукоізоляцію огорожень (стін, перегородок, перекриттів, вікон, дверей тощо) від повітряного шуму – шуму, що створюється тими чи іншими джерелами (музика, спів, розмова, радіо- і телепередачі, транспортні потоки тощо) та випромінюється безпосередньо в повітря і поширюється повітряним шляхом, і звукоізоляцію огорожень від ударного шуму – шуму, що виникає при динамічних (ударних, вібраційних) впливах на дане огороження (перекриття) і випромінюється ним в суміжні приміщення [1]).

Звукоізоляцію оцінюють відношенням енергії звуку, що пройшов через огорожувачу конструкцію, до енергії хвилі, що падає на конструкцію. Тому звукоізоляцію повітряного шуму огороженням ( $R$ ) визначають, як

$$R = 10 \lg \frac{I_{\text{пад}}}{I_{\text{пр}}}, \text{ дБ} \quad (1)$$

де  $I$  - відповідна інтенсивність звуку.

Величину  $R$  визначають (розрахунком або відповідними вимірюваннями) в кожній 1/3 октавної або октавної смузі нормованого частотного діапазону (100 – 3125 Гц) і отримують, таким чином, частотну характеристику ізоляції повітряного шуму даним огороженням.

Крім того, існує індекс  $R_w$ , який визначається за відомою (розрахованою або виміряною) частотною характеристикою ізоляції повітряного шуму даним огороженням  $R$ , дБ, шляхом порівняння цієї характеристики зі стандартною оціночною частотною характеристикою звукоізоляції згідно з методикою ISO 717-1 [1].

Величина  $R_w$  – це єдиний числовий показник, який усереднює властивості звукоізоляції по всьому частотному діапазону. Однак, в залежності від характеру звучання і типу перегородки, суб'єктивне відчуття людини звукоізоляційних якостей перегородки буде різним, навіть при одному й тому, самому значенні індексу ізоляції повітряного шуму  $R_w$ .

Виникають задачі, коли якість огорожувачої конструкції необхідно оцінити не просто кількісною величиною, яка враховує лише рівень звуку, а показником, який враховує суб'єктивні критерії людського відчуття, як то розбірливість мови. Розбірливість мови – це більш «близька» до людського сприйняття характеристика, оскільки вона має враховувати: слухову здатність людини, частотний розподіл мовного сигналу, а також можливість людини вгадувати слова, виходячи з контексту розмови. Оцінку розбірливості мови здійснюють різними методами, основними з яких є метод опитувань (використання дикторів і слухачів), а також артикуляційні методи [2].

Таким чином, виникають наступні задачі.

1. Задачі ауралізації в будівництві, які набувають широкого загалу, і полягають у створенні, аналогічних візуалізації, але не зорових, а звукових моделей приміщень з певними властивостями акустичного поля, перегородками і їх характеристиками. Створюються цілі бібліотеки даних з переліком конструкції і їх властивостей. Одним з варіантів є задача ауралізації звукоізоляції повітряного шуму з метою оцінки захищеності приміщення від витоку інформації. У цьому випадку знання зв'язку необхідне, оскільки захищеність приміщення оцінюють за допомогою розбірливості мови [3].

2. Задачі, які потребують оцінки звукоізоляційних властивостей перегородок, які б не тільки оперували простими значеннями рівня сигналу, а й враховувала суб'єктивні особливості сприйняття людини;

3. Задачі, які б дали змогу, просто і розрахунково (оскільки методики для визначення індексу ізоляції повітряного шуму вже розроблено) визначати захищеність приміщення від зовнішнього прослуховування, або ж просто для оцінки приміщень призначених для переговорів, чи роботи. По-перше, це оцінка приміщення з точки

зору витоку інформації, такі задачі актуальні насамперед для конференц-залів, кімнат для переговорів, тощо. По-друге, це оцінка приміщень, наприклад, в навчальних закладах, коли перегородки мають розділяти аудиторії, і забезпечувати звукоізоляцію одна від одної.

Таким чином, знаючи зв'язок між розбірливістю мови і значеннями звукоізоляції перегородок можна по-перше: спростити оцінку захищеності приміщення від небажаного прослуховування, а по-друге: дозволить оцінити звукоізоляційні властивості перегородок більш наближено до суб'єктивного їх сприйняття слухачем і таким чином, встановити критерії оцінки приміщень, що найкраще відобразатимуть його реальні звукоізоляційні властивості.

### Аналіз існуючих спроб оцінки зв'язку звукоізоляції з розбірливістю мов

Спробу оцінити зв'язок між розбірливістю мови та звукоізоляційними характеристиками огорожуючих конструкцій було здійснено рядом вчених з Національного Дослідницького консульства Канади [4-5]. Для цього ними було запропоновано проведення наступного експерименту.

15 респондентів в акустично заглушеній камері слухали 5 стандартних гарвардських речень, які є типовими реченнями для оцінки розбірливості англійської мови. Рівень гучності речень зберігався сталим протягом всього експерименту. Для того, щоб оцінити вплив огорожуючих конструкцій на розбірливість мови, речення пропускалися через програмно створені фільтри, імпульсна перехідна характеристика яких, моделює частотні характеристики звукоізоляції 20 –ти найбільш характерних для будівництва перегородок. Крім того, за допомогою додаткових гучномовців створювався сталий фонний шум зі спадом спектру інтенсивності 5 дБ/октаву і сумарним рівнем 35 дБА. Таким чином, для респондентів моделювалися умови перебування в типовому приміщенні, в якому по-перше діє свій постійний шум, а по друге, з сусіднього приміщення лунає мова.

Схема, експерименту представлена на рис. 1.

Діапазон типових частотних характеристик звукоізоляції перегородок [4], задіяних в експерименті наведені на рис. 2.

В результаті експерименту побудовано залежність розбірливості мови від індексу ізоляції повітряного шуму  $R_w$  (рис.3).

На рис.3 точками показано усереднені по 15-ти респондентам значення розбірливості мови для кожної з 20-ти перегородок, а штрихова

лінія відповідає кривій інтерполяції точкових значень.

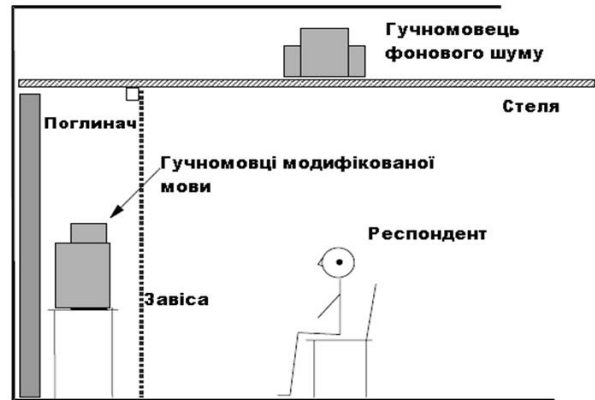


Рис.1. Схема експерименту

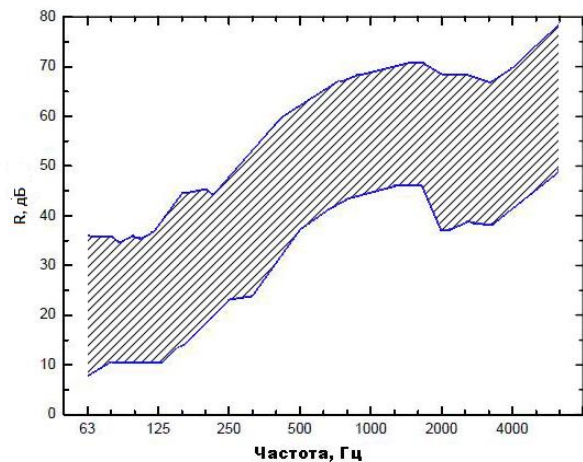


Рис.2. Діапазон типових частотні характеристики звукоізоляції перегородок

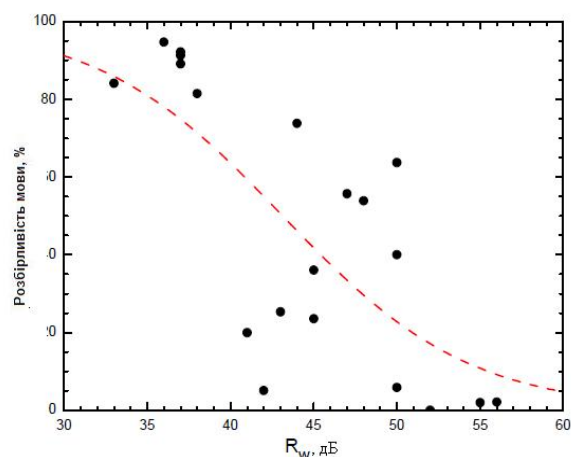


Рис.3. Залежність розбірливості мови від індексу ізоляції повітряного шуму  $R_w$ , дБ

Результати експерименту представлені на рис.3 показують, що зменшення або збільшення індексу  $R_w$  не обов'язково призводить до таких самих змін розбірливості.

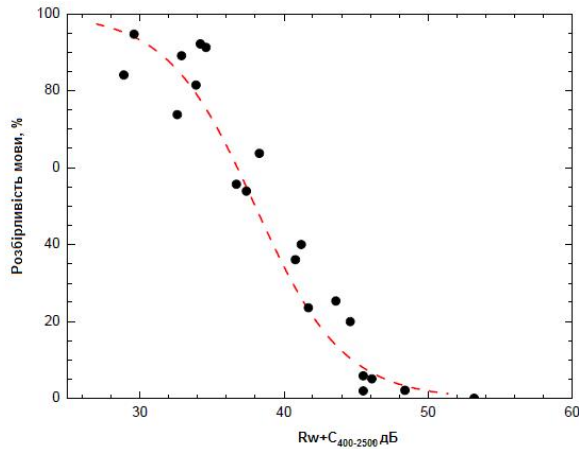


Рис. 4. Залежність розбірливості мови від зваженого індексу ізоляції повітряного шуму  $Rw + C$ , дБ [4]

Однак, якщо порівнювати розбірливість мови з індексами звукоізоляції повітряного шуму, для яких введено спектрально зважені поправки  $C$ , що враховують дію на перегородку шуму із спектром близьким за своїми характеристиками до стандартизованого «рожевого» шуму, то зв'язок розбірливості мови та індексів ізоляції повітряного шуму, стає очевиднішим (рис.4).

Однак, дослідження, які були раніше проведені стосовно німецької мови [3] показують не однозначність такого результату.

Таким чином, з одного боку, нормований індекс ізоляції повітряного шуму  $Rw$  не дає прямого зв'язку з розбірливістю мови, а з іншого боку зміна частотного діапазону в якому його оцінюють, і вагові коефіцієнти, які враховують дію шуму зі спектром подібним, до «рожевого шуму» на думку [4-5] дають можливість достовірно оцінити розбірливість мови через звукоізоляційні властивості.

Тож, розглядаючи цей експеримент як основу для побудови достовірної залежності між розбірливістю мови та звукоізоляційними властивостями огорожувачих конструкцій необхідно врахувати наступне.

Найчастіше звукоізоляція перегородок зростає з ростом частоти (рис.2), отже з точки зору розбірливості вищі частоти даватимуть найгіршу розбірливість, бо вони масковані ізоляційною здатністю перегородки. Також варто зауважити, що державними стандартами для оцінки розбірливості мови в приміщеннях регламентується використання методів з аналізом інформації в діапазоні до 10 кГц [2], однак  $Rw$  будують виключно до частоти 3150 Гц, таким чином не враховуючи внесок вищих частот. В той же час у роботі [3] криву звукоізоляції розширюють до 10 кГц шляхом інтерполяції, за законом маси (6 дБ/октаву).

Постає задача більш об'єктивного визначення, впливу «включених» частот, від 31,5 до 10 кГц, як на розбірливість мови так і на звукоізоляційні властивості перегородки.

Мовні особливості англійської мови відрізняються від мовних особливостей української мови. Крім того, частота зустрічання тих чи інших звуків в кожній з мов – своя.

Всі перегородки умовно можна розподілити на декілька типів, для яких характерний певний вид частотної характеристики звукоізоляції. Тож для достовірної оцінки розбірливості мови через звукоізоляційну здатність перегородок можливим є, побудова залежності, яка враховувала не тільки значення  $Rw$ , а й тип перегородки і, таким чином, отримати сімейство залежностей, яке б показало вплив частотної характеристики звукоізоляції перегородки.

В роботі [3] стверджується, що відношення сигнал/шум (в даному випадку до шуму слід віднести звукоізоляційну здатність перегородки і рівень фонового шуму), занадто мале, щоб проводити суб'єктивні випробування з залученням експертів, тому доцільніше використання об'єктивних методів оцінки.

Експерименти приведені в роботах [3-5] розглядали лише один з варіантів навколишнього шуму, однак реальні приміщення перебувають в зоні постійної дії їх широкого різноманіття, і зрозуміло, що їх взаємодія зі звукоізоляційними властивостями перегородки буде створювати і різну дію відповідно, тож виникає потреба дослідити залежність розбірливості мови від властивостей перегородки при дії трьох найпоширеніших джерел шуму, які діють на приміщення:

- транспортний потік;
- розмова;
- побутові шуми.

Таким чином, виникає задача дослідження зв'язку між розбірливістю мови та звукоізоляційними властивостями перегородки, з урахуванням впливу «включених» частот, національних мовних особливостей, а також при дії типових видів навколишнього шуму.

В цілому задача полягає у визначенні параметрів наступного функціонала:

$$A(f) = g(Lc, Rw, Lw, f), \quad (2)$$

де  $A$  – розбірливість мови;  $f$  – частота, у однозначно визначеному діапазоні;  $Lc$  – рівень вихідного сигналу;  $Rw$  – індекс ізоляції повітряного шуму огорожувачої конструкції;  $Lw$  – рівень навколишнього шуму, з подальшою оптимізацією функціоналу з метою отримання заданої розбірливості.

**Висновки**

– проаналізовано основні засади зв'язку розбірливості мови і звукоізоляційних властивостей огорожуючих конструкцій;

– розглянуто експериментальні дослідження проведені для аналізу зв'язку звукоізоляційних властивостей перегородок та розбірливості англійської мови, виявлено неоднозначність отриманих даних;

– визначено основні спірні моменти, які виникають при дослідженні зв'язку розбірливості української мови та звукоізоляційних властивостей огорожуючої конструкції і тому потребують додаткового аналізу;

– намічені шляхи, для визначення однозначної залежності розбірливості мови від звукоізоляційних властивостей огорожуючих конструкцій.

**Література**

1. *ISO 717-1:1996 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation, Switzerland.* – 1996. – р. 2-3.
2. *Дидковський В.С., Дидковская М.В., Продеус А.Н. Акустическая экспертиза каналов речевой коммуникации.* – Киев, 2008 – 420 с.
3. *Vorlander M., Thaden R. Investigation of speech privacy in buildings by means of auralization // ACUSTICA united with ACTA ACUSTICA.* - 2000. - Nr (2). - P. 76-89