

Лекція 3. Дослідження якості перших відбиттів звуку та основи вибору оздоблювальних матеріалів

Утворення поганих відбиттів

Луна утворюється, якщо запізнювання відбитого звуку по відношенню до прямого дорівнює чи перевищує 0,05 с. Для музикальних звуків 0,1 с. При швидкості звуку у повітрі 340 м/с ми отримуємо, що луна виникає, якщо шлях відбитого променя по відношенню до прямого дорівнює, або перевищує відповідно 17 м та 34 м. Але запізнювання відбиттів може і не утворювати луну, але погіршувати розбірливість речі. Це виникає тоді, коли $R = 10$ м. Це відбиття називаються відбиттями, що сильно запізнюються.

ЛУНА:

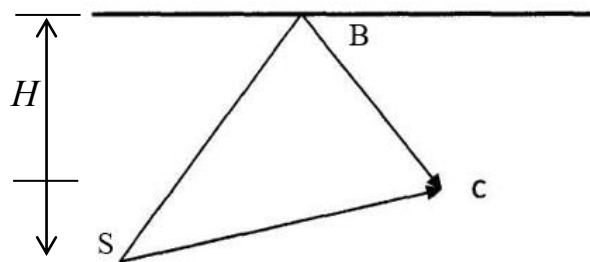
$$R = SB + BC - SC \geq 17 \text{ м (мова)}$$

$$R \geq 34 \text{ м (музика) } B$$

СИЛЬНО ЗАПІЗНІЛІ ВІДБИТТЯ:

$$R \geq 8,5 \text{ м (мова)}$$

$$R \geq 13,6 \text{ м (музика)}$$



Будемо називати ці відбиття **поганими**

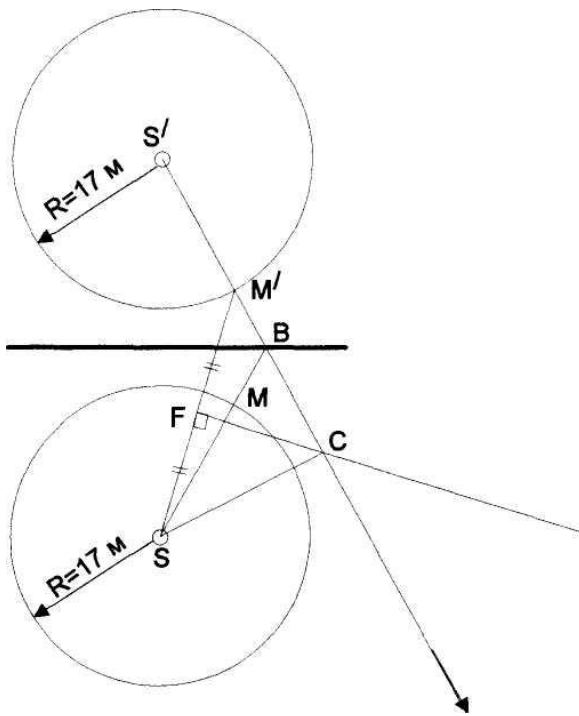
У даний час при проектуванні залів дослідження на погані відбиття проводиться безпосередньо за формулою. При цьому точку С переміщують по місцях для слухачів і кожен раз знаходять різницю між шляхом, що пройшов відбитий звук та прямий.

Але, оскільки по залу беруть лише декілька точок С за інтуїцією проектувальника, то може виникнути ситуація, коли у цих точках луна не утворюється, але є інші місця, де луна відчувається.

Тому краще досліджувати перші відбиття за допомогою методу проф. О.Л. Підгорного.

Оскільки різниця між відбиттями, що утворюють луну та відбиттями, що сильно запізнюються, лише у значенні R , то домовимося, що ми не будемо вказувати конкретне значення R . В залежності від конкретної задачі це значення буде теж конкретним.

Побудова граничної поверхні поганих відбиттів



Позначимо $R = 10$, або 17 , або 34 м (в залежності від задачі) Нехай $SB+BC-SC = R$
але $SB=R+MB$
значить
 $SC=MB+BC$
оскільки $MB=M'B$,
то $M'C = SC$
тобто $\triangle SM'C$ -
рівнобічний.
Звідки ми отримуємо
алгоритм знаходження точки С

Зупинімося на застосуванні цього методу більш ретельно. (Доречи, задача на дослідження залів на утворення луни є у кожному екзаменаційному білеті).
На рис. 5, б: якщо $H < R/2$ – то пагоні відбиття від екрану не можуть утворитися.

якщо $H = R/2$ – то пагоні відбиття від екрану утворитися лише вздовж перпендикуляра до екрану, нижче точки S.

Розповісти про метод побудови залів, де пагоні відбиття не можуть бути.

При $H > R/2$ – пагоні відбиття утворюватися лише на променях, що знаходяться всередині конусу Ф. Тобто пагоні відбиття можуть утворювати лише точки, що знаходяться на червоній ділянці екрану.

На рис. 5. г треба перевірити лише червону ділянку. При цьому, якщо P_i не знаходиться в середині конуса Ф, то точка I луни не утворює

На рис. 6. наведено дослідження на утворення поганих відбиттів плоского екрану, а на рис. 7 – криволінійного.

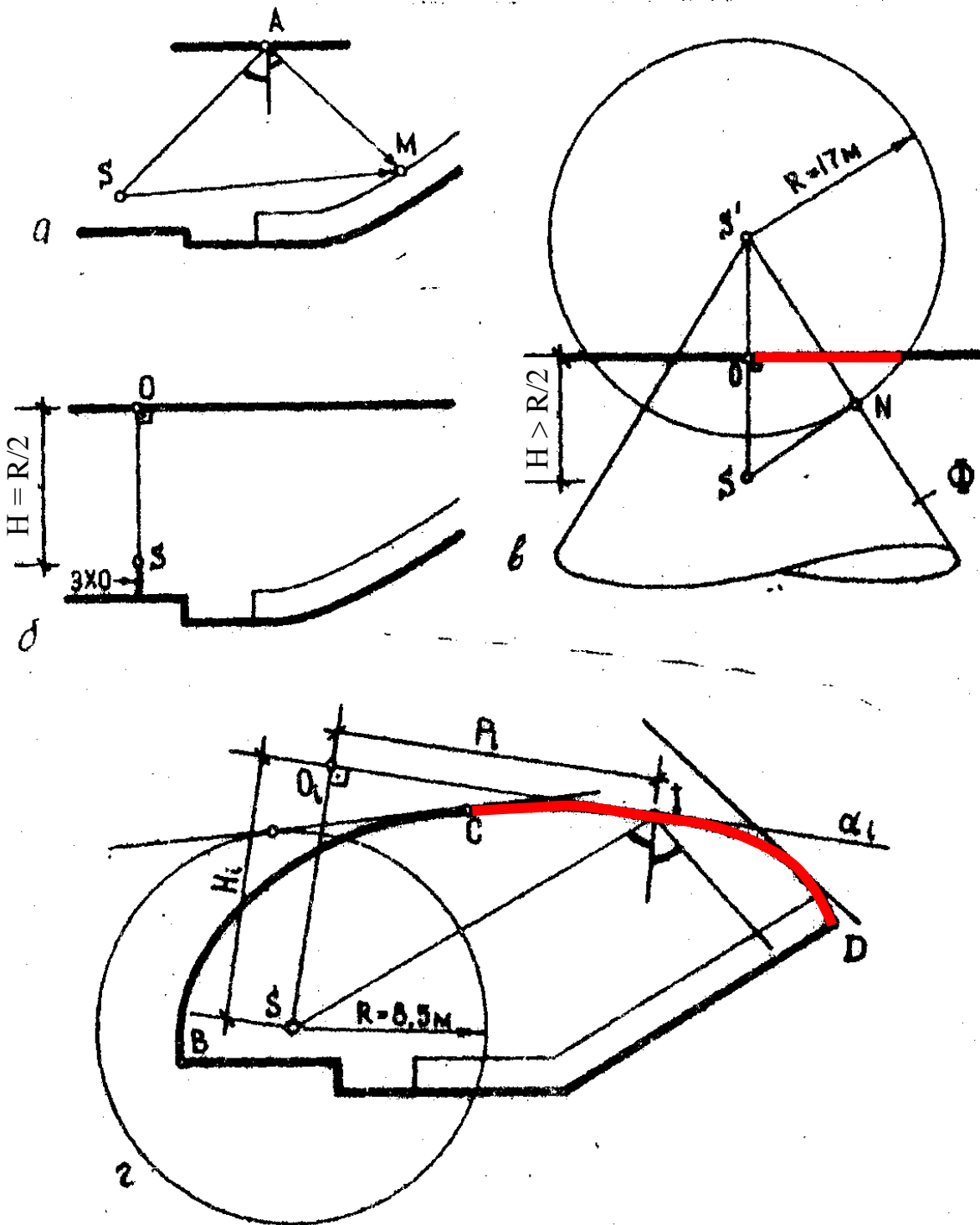


Рис. 5. Исследование возможности образования эха в зале:
 а - схема определения эха в точке M ; б - расстояние до отражающей плоскости равно $8,5$ м;
 в - расстояние до отражающей плоскости более $8,5$ м;
 г - отражающая поверхность имеет криволинейное очертание

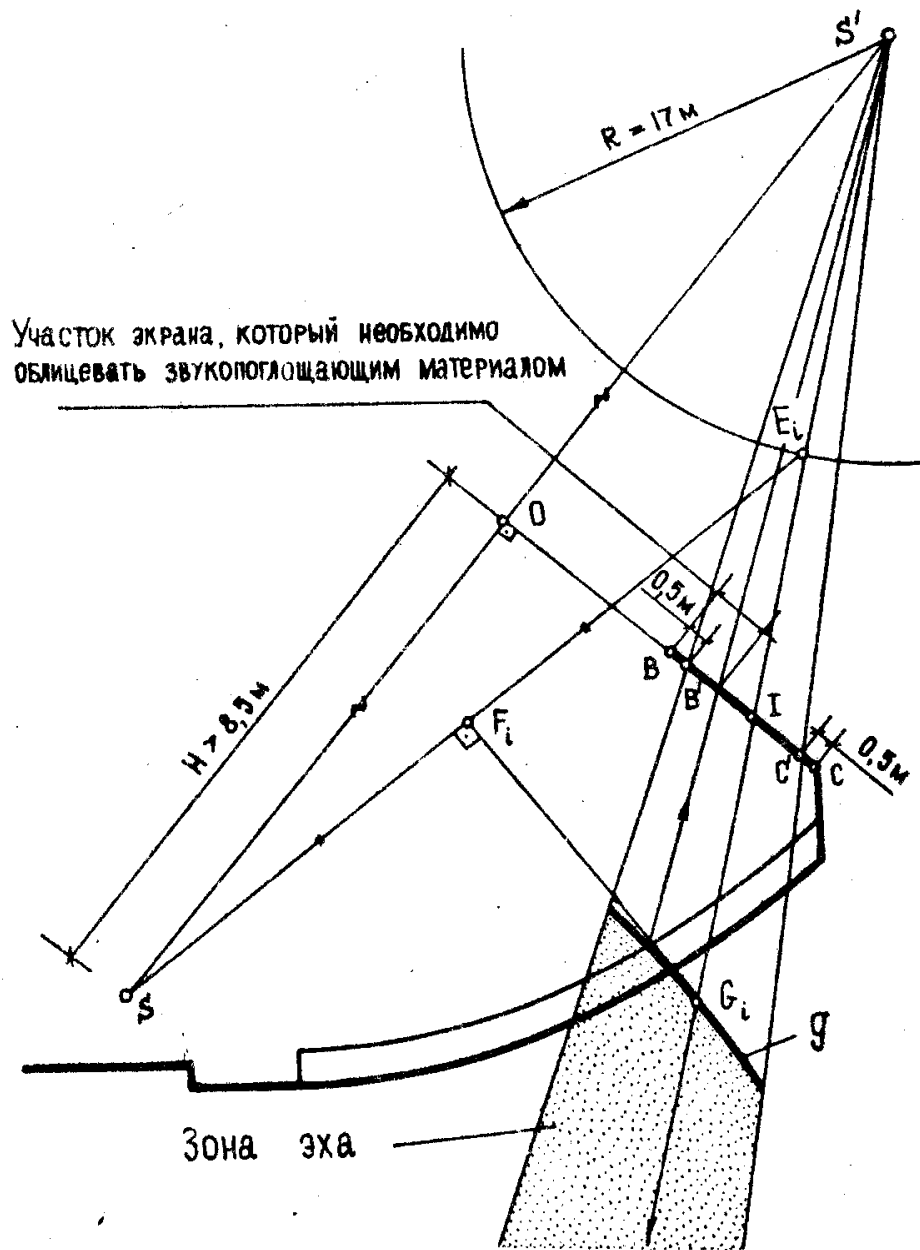


Рис.6. Построение граничной поверхности эха от плоской отражающей поверхности

Участок экрана, который необходимо облицевать звукопоглощающим материалом

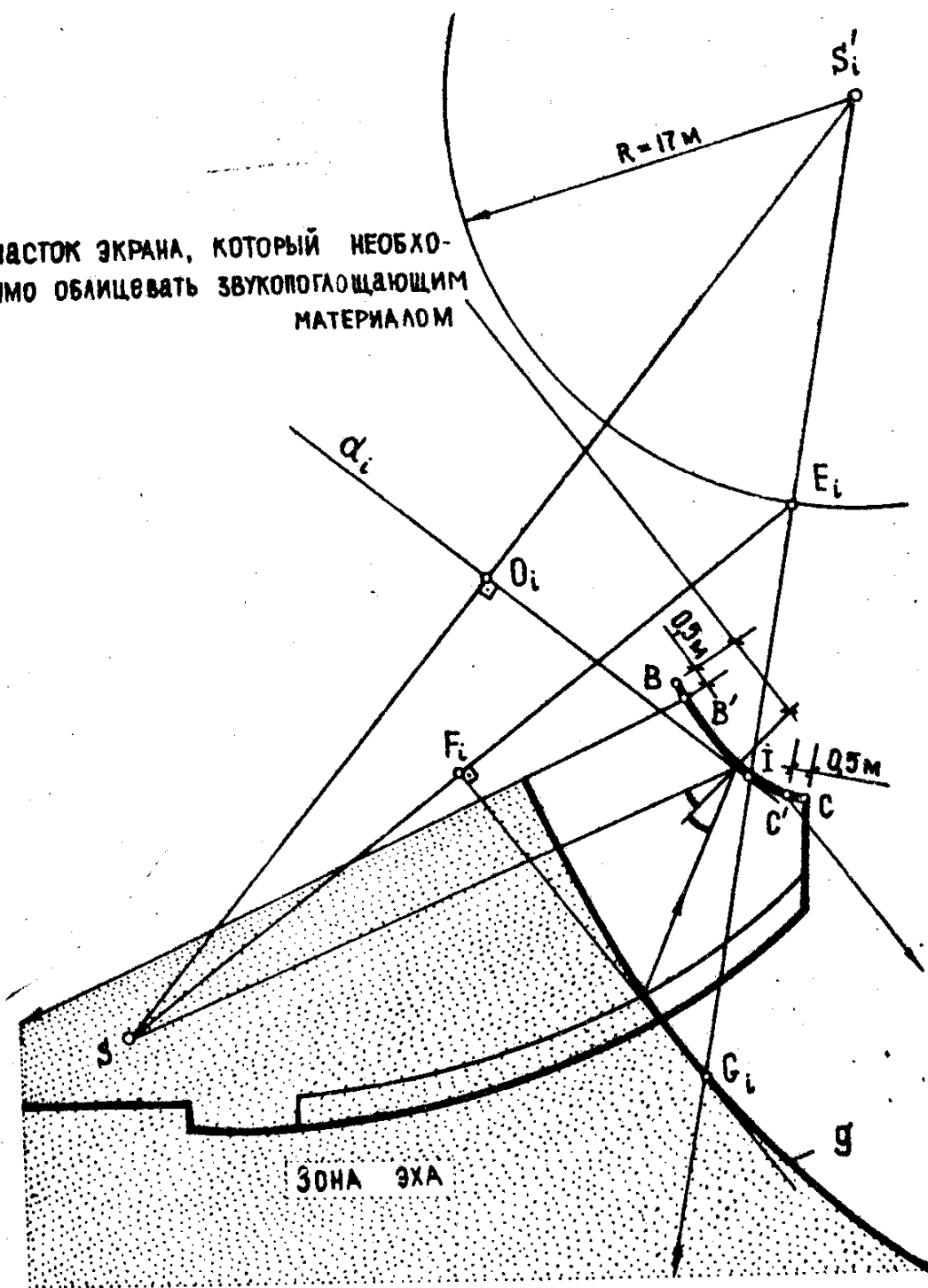
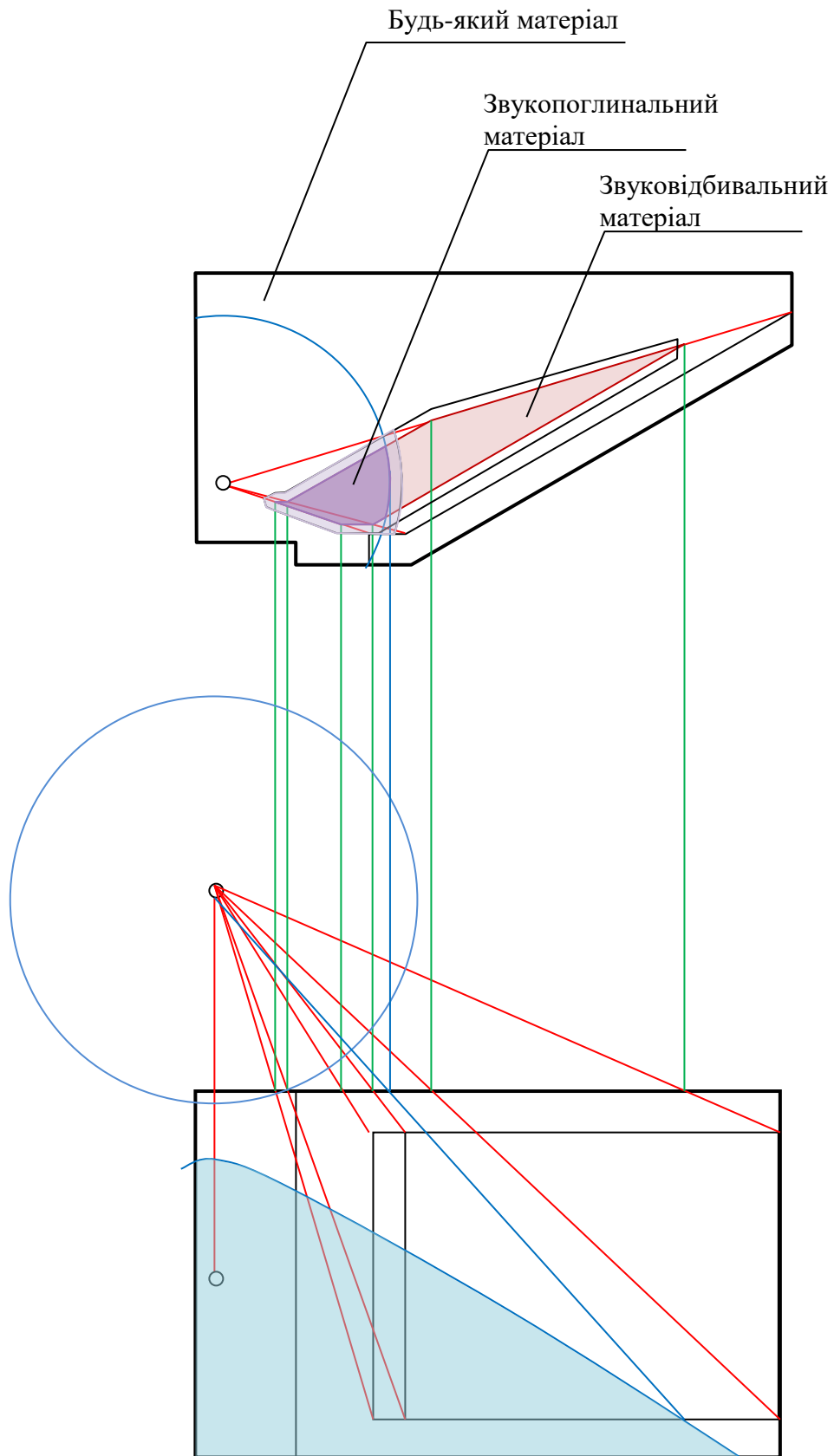


Рис.7. Построение граничной поверхности эха от криволинейного отражающего экрана

Принципи попереднього вибору матеріалів для акустичного опорядження залів



Кожний матеріал характеризується коефіцієнтом звукопоглинання α . Розповісти, що це таке.

Коефіцієнт звукопоглинання α – відношення енергії, що поглинається поверхнею, до енергії, що надходить на поверхню.

Звукопоглинаючими матеріалами вважаються матеріали, що мають $\alpha > 0,2$

еквівалентна площа поглинання A – площа поверхні, m^2 , що має коефіцієнт поглинання $\alpha = 1$, яка поглинає стільки ж звукової енергії, що і дана поверхня площею S або окремий предмет. Використовується для штучних звукопоглиначів (у т.ч. людина, стіл):

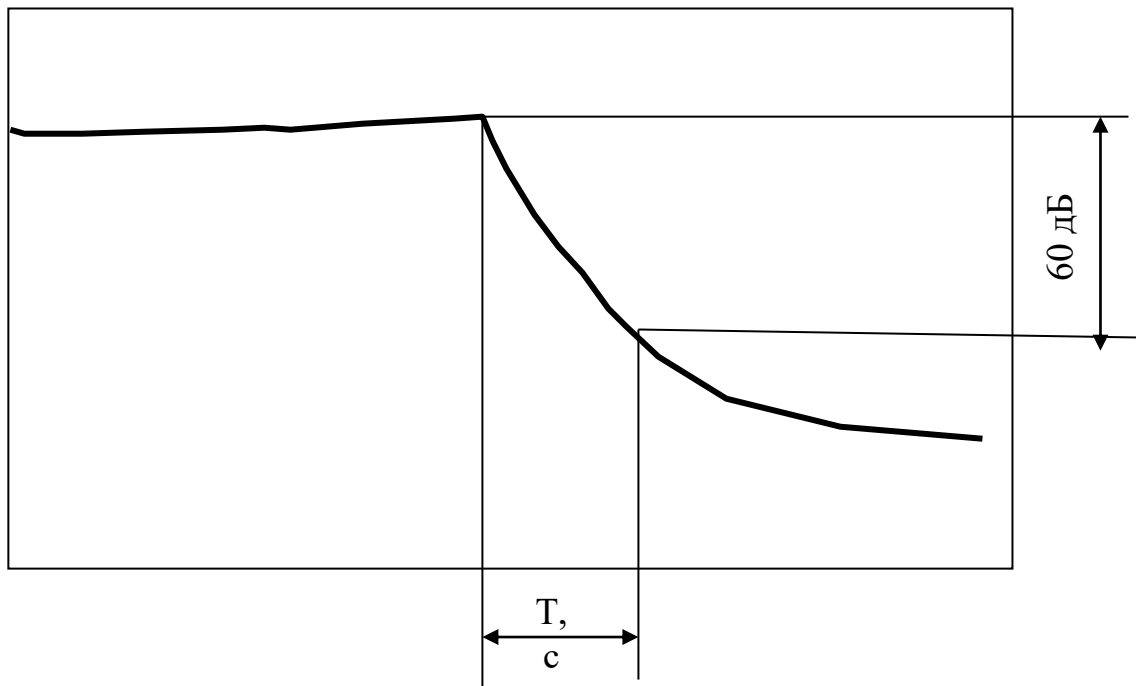
$$A_i = \alpha_i S_i.$$

Середній коефіцієнт звукопоглинання приміщення $\alpha_{\text{сер}}$ – середнє значення дифузного коефіцієнта поглинання звукової енергії у приміщенні. Визначається за формулою

$$\alpha_{\text{сер}} = \frac{A_{\Sigma}}{S_{\Sigma}}$$

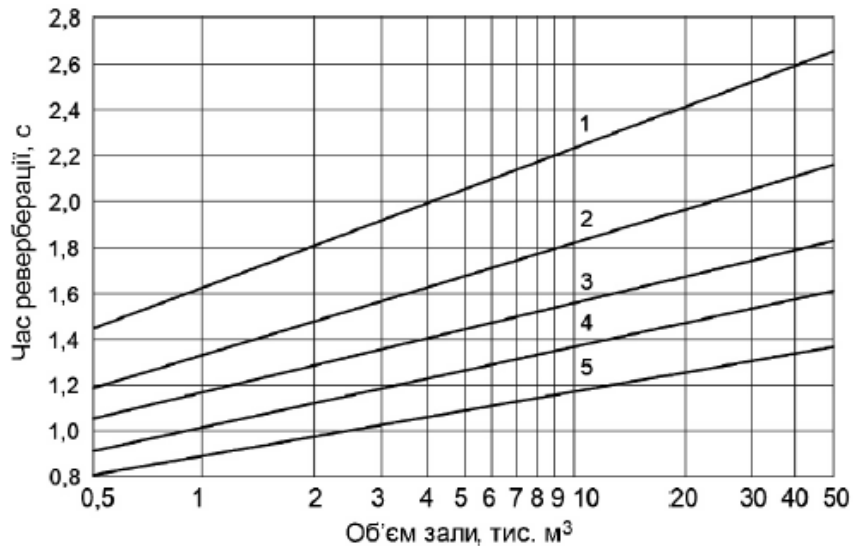
де A_{Σ} - загальна еквівалентна площа звукопоглинання залу.

РЕВЕРБЕРАЦІЯ ЗВУКІВ У ЗАЛАХ



Оптимальний час реверберації

$T_{opt} = f(\text{частота, об'єм, призначення})$. T_{opt} - за ДБН В.2.2-16:2019.



1 – зали для ораторій і органної музики; 2 – зали для симфонічної музики; 3 – зали для камерної музики, зали оперних театрів; 4 – зали музично-драматичних театрів, зали багатоцільового призначення, спортивні зали; 5 – лекційні і конференц-зали, зали засідань, зали драматичних театрів, кінозали.

Рисунок 1 – Рекомендовані значення часу реверберації на середніх частотах (500 ÷ 1000 Гц) для зал різного призначення в залежності від їх об'єму

Частота 500 Гц: $T_{min} = 0,85T_{opt}$; $T_{max} = 1,15T_{opt}$

Частота 125 Гц: $T_{min} = 0,85T_{opt}$; $T_{max} = 1,15T_{opt} \cdot 1,2 = 1,38 T_{opt}$

Частота 2000 Гц: $T_{min} = 0,85T_{opt} \cdot 0,9 = 0,765T_{opt}$; $T_{max} = 1,15T_{opt}$

Розрахунок часу реверберації

$$T = 0,164 \frac{V}{\sum_{i=1}^n \alpha_i S_i} \quad (\text{Формула Себина})$$

Ця формула вірна лише при $\alpha_{сер} \leq 0,25$.

У загальному випадку

$$T = 0,163 \frac{V}{S_{\Sigma} \varphi(\alpha_{сер})} \quad (\text{Формула Ейринга})$$

Де $\varphi(\alpha_{сер}) = -\ln(1 - \alpha_{сер})$

Для частот вище 1000 Гц значний вплив на звукопоглинання оказує повітря, тому формула ще ускладнюється:

$$T = 0,163 \frac{V}{S_{\Sigma} \varphi(\alpha_{\text{сер}}) + nV}$$

Тепер наша задача буде полягати у тому, щоб підібрати остаточне оздоблення залу таким чином, щоб час реверберації відповідав нормативному на кожній розрахунковій частоті.