

SOUND ABSORPTION³¹

Assoc. Prof. Pavel Stefanov, PhD

Department of Sound engineering and Sound design,
National Academy of Music, Sofia, Bulgaria

E-mail: pavel_stfnv@mail.bg

Abstract:

Sound absorption is one of the most important phenomena in spatial acoustics. It has many dependencies and therefore functions differently according to the specific conditions. Absorption of sound is an important factor in shaping the acoustic qualities of any enclosed space intended for some kind of sound events. This article explores some of the main patterns in the process of sound absorption in enclosed spatial volumes in building.

Keywords: Absorption, Sound Wave, Enclosed Space, Absorption Coefficient, Absorption Materials

ВЪВЕДЕНИЕ

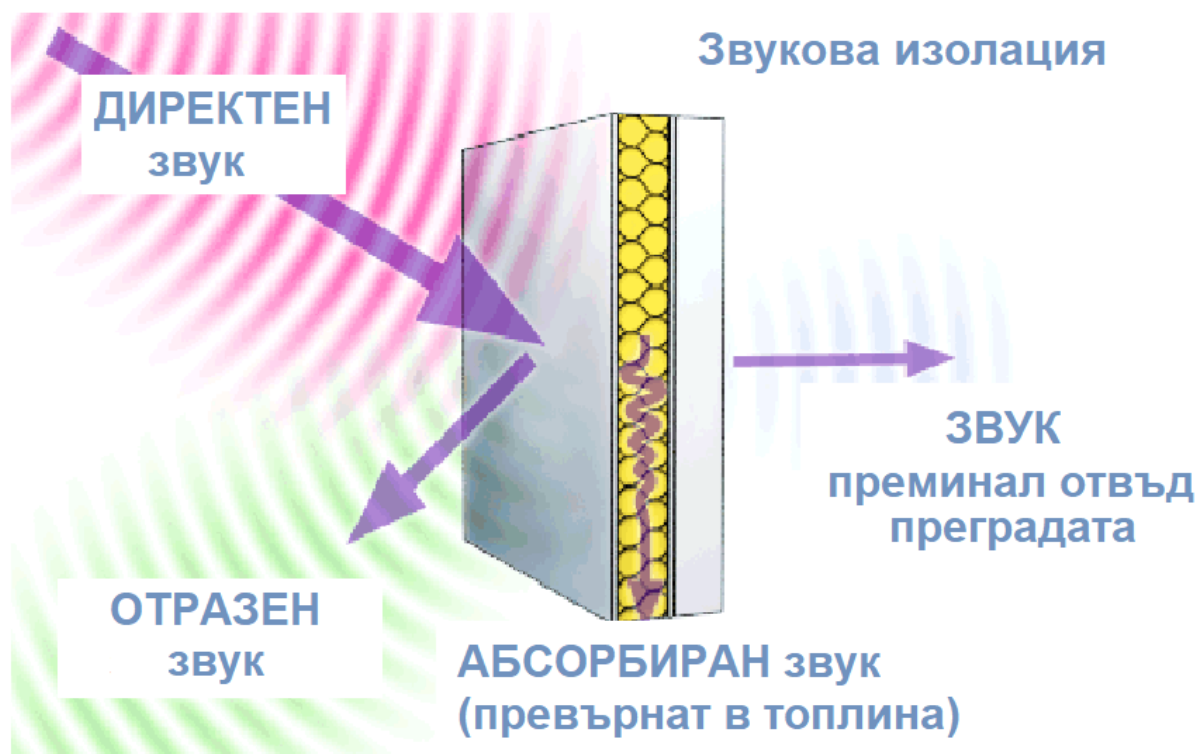
Пространствената акустика се занимава със звуковите явления протичащи в затворени пространствени обеми. В такива условия заедно с директната звукова емисия се образува и дифузно звуково поле. Наред с отраженията на звука, чиято съвкупност е известна под името реверберация, едно от най-важните явления при звука в закрити пространства е звукопоглъщането или абсорбирането на звука. Акустическите качества на всеки обем се определят освен от неговата геометрична форма и от степента на поглъщане или абсорбиране на звука от граничните повърхности. Заедно с пространствения обем звукопоглъщането определя времето и тембровите изменения на реверберацията.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Когато звуковите вълни се натъкнат на преграда протичат три основни процеса - една част от звуковата енергия се поглъща (като се превръща в топлина), друга част се отразява обратно, а трета част преминава през преградата (фиг 1). Звукопоглъщането действа по следния начин: тъй като звукът представлява трептящо движение на въздушните частици, приложението на абсорбери превръща вибрационната енергия в топлина, като възпрепятства и неутрализира движението на частиците. Това понижава звуковата енергия, оставаща за разпределение в затворения обем. Количеството топлина, генерирано от звукопоглъщането е минимално. За да се генерира достатъчно енергия за да заври една чаша с чай е необходима звуковата енергия на милиони хора.

Степента на абсорбиране обозначава точно каква част от енергията се отнема от страна на стените. Определянето на степента на звукопоглъщане се базира на концепцията за идеален съвършен абсорбер – който не отразява никакъв звук – с коефициент на поглъщане 1 (100%). По същия начин изглежда и концепцията за идеален рефлектор с коефициент на поглъщане 0. Съответно коефициента на абсорбиране на всеки материал представлява число от 0 до 1, което за удобство се превръща в процент. По този начин всяка абсорбираща повърхност може да се представи като еквивалентна плоскост с абсолютно отражение, в която има оставен отворен прозорец, който представлява абсолютно поглъщане на звука. По друг начин формулирано всяка абсорбираща повърхност може да се определи и измери в площ “квадратен метър отворен прозорец”, или процент звукопоглъщане. Общото поглъщане на едно пространство се получава от големината на отделните поглъщащи повърхности и техния коефициент, или от еквивалентната площ “отворен прозорец”.

³¹ Докладът е представен на научна сесия на 26.10.2018 с оригинално заглавие: ЗВУКОПОГЛЪЩАНЕ



Фиг. 1. Явления, настъпващи при среща на звука с преграда.

Действието на абсорбиращите елементи е силно зависимо от честотата. Не съществува универсален абсорбер, който да поглъща еднакво за всички честоти. Това се обяснява чрез големите разлики в дължината на вълната между най-ниските честоти (около 20 м) и най-високите честоти (около 2 см). Именно поради факта, че коефициентът на абсорбция зависи от честотата, стойностите за поглъщане обикновено се дават за няколко различни честотни ленти. Обикновено се използва честотен обхват от една октава и стандартни централни честоти от 125Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, и т.н.

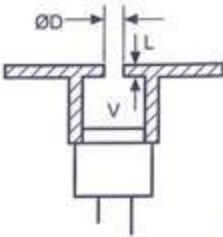
Абсорбиращите елементи се изработват с цел специализирана функционалност в определена честотна зона. Високочестотните абсорбери действат в зависимост от материала за честоти по-високи от 500 – 1000 Hz. Чистите високочестотни абсорбери оцветяват и потъмняват реверберацията, залата звучи глухо. Затова те се използват в модифицирана форма или в комбинация с абсорбери за ниски честоти. Високочестотни абсорбери са основно порести материали. Поглъщащият ефект е предизвикан от това, че порите на материала убиват скоростта на движещите се въздушни частици. Абсорбиращото действие на порестите материали се повишава с увеличаване на дебелината, като от една страна се повишава степента на абсорбиране, от друга ефекта се измества към по-ниските честоти. За всяка честота има оптимална дебелина на поглъщащата материя, чието по-нататъшно увеличаване не води до повишение на абсорбирането. Малък луфт между абсорбера и стената също понижава абсорбираната честота. Примери за порести абсорбери са меки материи от текстилни влакна, стъклена вата, пресовани плоскости от дърво, и слоести минерални влакна. Много ефективни като абсорбери са меките килими, както и завесите, особено когато са надиплени и на известно разстояние от стената.

За да се сведе до минимум разликата между пространство с и без публика, при оборудване на звукови зали се използват основно меки тапицирани столове, чието поглъщащо действие е близко до това на хората. Целта е акустиката на концертни зали и студиа да не се променя съществено в присъствието на публика.

Абсорберите на ниски честоти действат в областта под 300 до 500 Hz. Те поглъщат високи честоти в пренебрежимо малка степен. Съществуват два вида нискочестотни абсорберни конструкции: Хелмхолц – резонатори и трептящи (сърезониращи) плоскости. Резонаторите на Хелмхолц представляват затворени въздушни обеми, които се свързват със звуковото поле посредством малки отвори (фиг.2).

$$f_v = \frac{cD}{4} \sqrt{\frac{1}{\pi V (L + 0.75D)}}$$

f_v :	Resonant frequency of resonator	[Hz]
V :	Volume of resonance chamber	[mm ³]
D :	Diameter of sound emission hole	[mm]
L :	Depth of sound emission hole	[mm]
c :	Speed of sound = approx.344000	[mm/sec]



Фиг. 2. - формула за изчисление на резонантната честота на Хелмхолц резонатор.

Вторият вид нискочестотни абсорбери, т.н. сърезониращи плоскости, могат архитектурно много добре да се интегрират във вътрешното оформление на едно пространство под формата на дървената облицовка. Освен това между стената и трептящите плоскости има празно пространство, една затворена въздушна камера, която може да бъде запълнена с мека материя за повишаване на абсорбирането. Ефекта може да се измести към по-ниски честоти с по-голяма дебелина на плоскостите, по-голямо специфично тегло или чрез увеличаване на разстоянието до стената. Комбинацията от нискочестотни абсорбери (напр. дървена облицовка) и високочестотни абсорбери (напр. килими, меки кресла или завеси) обуславят благоприятно протичане на късния хал и по-дълго време за отзвучаване на средните честоти, което се усеща като положително.

Публиката представлява значителен абсорбиращ фактор – при пълна зала процента на поглъщане може да достигне 75% от цялостното абсорбиращо действие. Хората поглъщат честоти от почти целия честотен спектър, като особено в ниски честоти – между 100 и 400 Hz – понижението може да достигне 15 – 20 dB.

Съществуват бедни на отражения пространства, често дефинирани като лишени от отражения или “заглушени“ помещения. Те притежават на практика само директно звуково поле посредством цялостна облицовка с високо-ефективни клиновидни абсорбери (фиг3). Клиновидната форма на поглъщащите елементи създава постепенен акустически преход между въздуха и стената. При високите честоти поглъщането е пълно, т.е. степента на абсорбиране е 1. Едва под 100 Hz се появяват известни отражения, чиято максимална продължителност не надвишава 0,1s. Те се използват за акустични измервания – например за установяване характеристиката на насоченост на микрофони и музикални инструменти.



Фиг. 3. Звукозаглушена камера.

ИЗВОДИ

Целенасоченото изграждане на акустични помещения е тясно обвързано с използването на абсорбиращи елементи в найзлични комбинации. Освен поглъщане на определени спектрални сегменти от „реалния“ звук много често абсорберите са предназначени и за контрол на шума и ограничаване на странични и паразитни акустични емисии. Правилното съчетаване на абсорберите обезпечава адекватна реверберационна крива в съответствие с предназначението и функционалните характеристики на помещението. Акустичната обработка на пространството не е скорошно явление – още от древността има данни за употреба на акустични съоръжения и целенасочено изграждане на специфични акустични свойства. Детайлното познание на звуковата абсорбция и компетентното приложение на поглъщащи елементи гарантират качествена и и отговаряща на критериите акустична обработка при всеки вид звуков обем.

REFERENCES

- Beranek, L.L. (1954), *Acoustics*, McGraw-Hill
- Bruel, P.V. (1951) *Sound Insulation and Room Acoustics*, Chapman and Hall
- Everest, F.A. (1984) *Acoustic Techniques for Home and Studio*, 2nd ed., Tab Books
- Everest, F.A., & Pohlmann, K.C. (2009). *Master Handbook Of Acoustics*. McGraw-Hill
- Mackenzie, R. (1975) *Auditorium Acoustics*, Applied Science Publishers, Ltd.
- Meyer, J. (2009). *Acoustics And The Performance Of Music*. Springer Science+Business