



Получена: 08.03.2017 г.

Приета: 20.03.2017 г.

ВЛИЯНИЕ НА ВРЕМЕТО НА РЕВЕРБЕРАЦИЯ ПРИ ЛАБОРАТОРНИ СРАВНИТЕЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА ШУМОИЗОЛАЦИЯТА НА МАТЕРИАЛИ

С. Джамбова¹, И. Христов², Н. Иванова³

Ключови думи: акустика, време на реверберация, звукоизолация

РЕЗЮМЕ

Времето на реверберация на помещението приемник е измерено по метода на прекъснатия шум. Средната му стойност за честота 500 Hz е 1,72 секунди. Проведени са сравнителни изследвания на звукоизолационните свойства на образци от различни строителни материали. Установена е степента на въздействие на отчитането на времето на реверберация върху тези изследвания, проведени с използването на лабораторна акустична камера, изградена в УАСГ.

1. Въведение

Вредното влияние на шума върху човека е отдавна познато. Като последица от това въздействие възникват нервност и агресивност, както и различни здравословни нарушения в храносмилането и сърдечната дейност, смущения в кръвното налягане и съня. В ежедневната работа при повишени нива на шума е установена намалена работоспособност и концентрация, поява на вътрешно безпокойство и влошаване на настроението и работната атмосфера. Статистиката в европейските страни сочи, че шумът е на едно от първите места като причина за заболявания.

¹ Светлана Джамбова, доц. д-р физ., кат. „Физика”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: std_fhe@uacg.bg

² Ивайло Христов, докторант, ТУ, бул. „Кл. Охридски” № 8, 1000 София, e-mail: i.hristev@stivox.com

³ Наталия Иванова, ас., кат. „Физика”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: natalia9010@abv.bg

Задължителните шумови карти, направени и у нас, показват значително завишаване на нивата на шум в големите градове. Това налага мерки за защита от шум и завишаване на звукоизолацията на външните стени за постигане на заложените в нормативните норми допустими нива на шум в помещенията. Наредба 4/27.12.2006 [1] определя необходимите изисквания, но поне засега на тях не се обръща сериозно внимание. Едва когато обитателите стават потърпевши, те започват да търсят решения, които се оказват многократно по-скъпи или почти невъзможни за осъществяване. Ако се предприемат превантивни мерки в процеса на проектиране, биха се спестили средства и нерви. Тази тема неминуемо ще става все по-актуална и затова е необходимо да се търсят икономически издържани и ефективни решения, както и да се подготвят специалисти в тази област.

Основна тенденция в европейските държави е установяването на все по-точни и строги норми за звукоизолация, както и методи за осигуряване на акустичен комфорт в помещенията на жилищни и обществени сгради. Във връзка с това се усъвършенстват решенията за подходящи конструкции, удовлетворяващи строително-физичните изисквания.

Някои съвременни конструкции все пак показват недостатъци, които влошават звукоизолацията и водят до нежелани ефекти. В съвременните сгради все по-широко приложение намират леките преградни стени и остъкленията. Това се дължи на тенденциите на съвременната архитектурна мисъл, на желанието за използване на все по-голямо разнообразие от строителни материали за осъществяването на нови проектантски решения.

Развитието и все по-широкото прилагане на модерни сглобяеми технологии се дължи и на стремежа към намаляване на сроковете за изпълнение, търсене на възможности за олекотяване на конструкциите, както и гъвкавост на решенията. По отношение на звукоизолационните качества леките преградни стени успяват посредством оптимизиране на системата маса–пружина–маса да достигнат задоволителни стойности. Проблемите възникват при честотите на вълнови съвпадения и резонансните честоти. Стремежът е те да се избегнат извън нормирания честотен диапазон, за което е необходимо отделните плоскости да са достатъчно гъвкави. А за да работи правилно системата маса–пружина–маса, междинният слой трябва да има оптимална динамична коравина.

Сравнителните изследвания на звукоизолационните свойства на материали могат да спестят средства и време, както и да установят тенденции в разработването и оптимизирането на строителните материали и конструкции. Такива изследвания се провеждат в лаборатория на катедра „Физика“ в УАСГ. Предмет на настоящата работа е демонстрирането на влиянието на времето на реверберация на приемащото помещение върху резултатите от сравнителните изследвания на шумоизолационните свойства на различни строителни материали.

2. Лабораторна звукоизолирана камера

В една от лабораториите на катедра „Физика“ в УАСГ е окончателно изградена лабораторна умалена звукоизолирана камера. Подробно описание за конструкцията и изграждането на акустичната камера е представено в [2]. Самата камера с обем $0,6 \text{ m}^3$ служи като „шумно“ помещение, т.е. в нея се помества източникът на шум, използван в изследванията. Цялата останала лаборатория с обем 219 m^3 служи като „тихо“ помещение-приемник, в което с помощта на терц-октавен шумомер се измерва нивото на звуково налягане, пропуснато от образца, монтиран в едната стена на камерата. Трябва

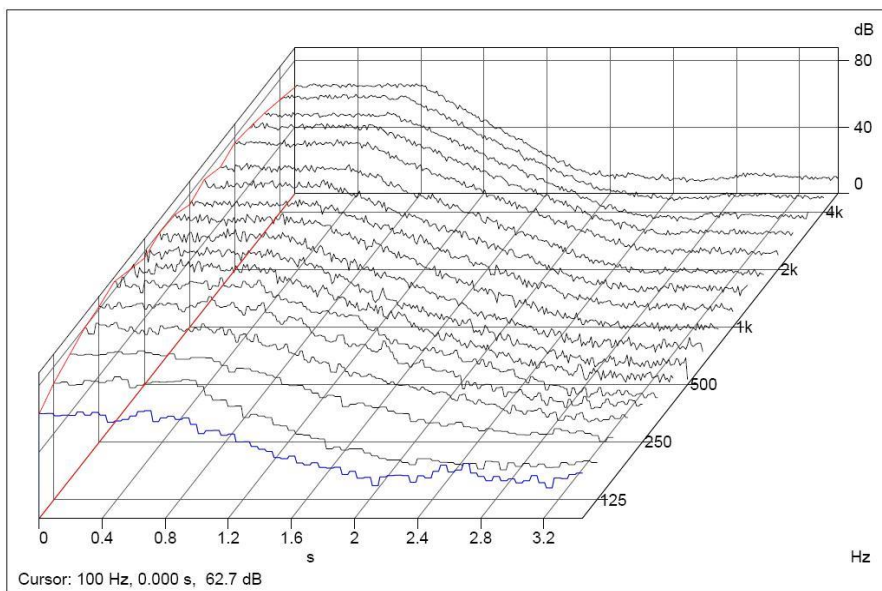
да се припомни, че с използването на тази камера достоверни оценки на звукоизолацията на материалите се получават за честоти, по-големи от 1000 Hz. Ограничението се дължи на малкия вътрешен размер на камерата.

Освен това звукоизолацията на преградните страни на камерата определя възможността за оценка на образци с индекс на звукоизолация до 50 dB. Последната стойност се определя от звукоизолацията на преградните стени на камерата, намалена с 10 dB.

3. Измерване на времето на реверберация на помещението приемник

Времето на реверберация на едно помещение по дефиниция е времето **T** в секунди след спиране на източника, за което нивото на звуковото налягане намалява с 60 dB. Измерването на времето на реверберация на помещението е извършено с цел усъвършенстване на оценката на звукоизолацията на изследваните образци. Измерването на времето на реверберация на „тихото“ помещение-приемник е извършено съгласно БДС EN ISO 354 [3]. Възбуждането със звук на изследваното помещение се осъществява от изотропен източник с форма на додекаедър, излъчващ във всички посоки. Използвани са три различни положения на източника в комбинация с 3 различни положения на записващия шумомер. Измерванията се извършват по метода на прекъснатия шум. Получените експериментално 9 криви на затихване на звука се записват, осредняват и обработват от шумомер Bruel & Kjaer 2260 Investigator, който съдържа вграден необходимия софтуер за получаване на времето на реверберация **T30**. Получените резултати са представени на фиг. 1 и фиг. 2.

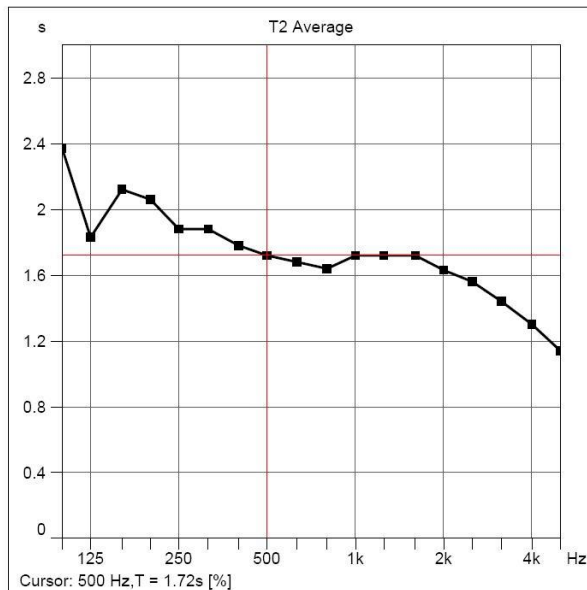
Calc. - 1801 - Room A - T2 - 02



Фиг. 1. Експериментални криви на затихване на звука по честоти и във времето (след изключване на източника)

Измерванията, представени на фиг. 1, показват спада на нивото на интензитета на звука по честоти и във времето, след изключване на източника в една точка от направените серия измервания. На фиг. 2 е определена стойността на средното време на реверберация на помещението, която възлиза на 1,72 секунди при 500 Hz. Тук изследванията са валидни за всички честоти.

Calc. - 1801 - Room A - T2



Фиг. 2. Осреднена крива на затихването на звука (след спиране на източника) по честоти

4. Измерване на загубата на звуково налягане от въздушен шум по терц-октавни ленти за различни образци (размер 600×600 mm) с отчитане на времето на реверберация на помещението приемник

В настоящата работа, по установената в [4] процедура на измерване, допълнена вече с отчитане на времето на реверберация на помещението приемник, отново бяха изследвани звукоизолационните свойства на образци на различни строителни материали, а именно: **OSB, гипсокартон, плексиглас и листов стомана.**

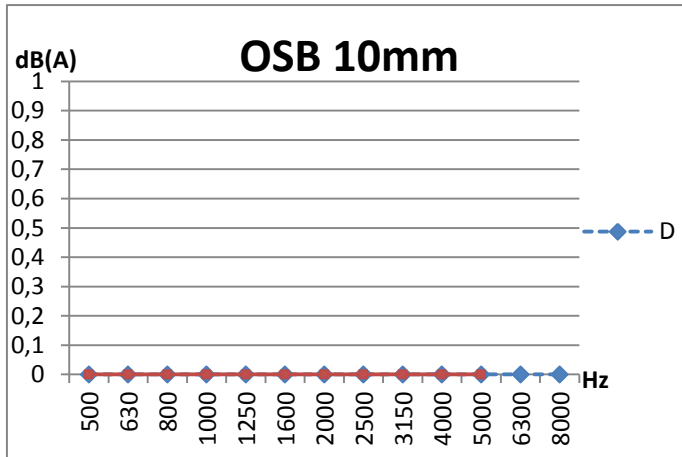
За 4-те образца бяха проведени измервания на загубата на звуково налягане от въздушен шум по октавни ленти. Използван беше източник на розов шум с ниво на звуково налягане 96 dB, разположен вътре в камерата. Камерата се затваря със съответния образец. Пропуснатото от образца ниво на звуково налягане на 70 cm от него вън от камерата и в 3 различни пространствени точки се измерва с терц-октавен шумомер. Експерименталните резултати са представени на отделна фигура за всеки образец: OSB – на фиг. 3, гипсокартон – на фиг. 4, плексиглас – на фиг. 5 и листов стомана – на фиг. 6. Загубата на звуково налягане в образца $D(f)$ (Level Difference) в децибели се изчислява като разлика между нивото на звуково налягане на източника $L_1(f)$ в dB и нивото на звуковото налягане $L_2(f)$ в dB, пропуснато от образца, за всяка терц-октавна честота:

$$D(f) = L_1(f) - L_2(f).$$

Стандартизираната разлика в нивата DnT е величина, която коригира измерената разлика в нивата D с отчитане на измереното време на реверберация на помещението – T , отнесено към стандартизирано време на реверберация $T_0 = 0,5$ s. Изчислява се по формулата:

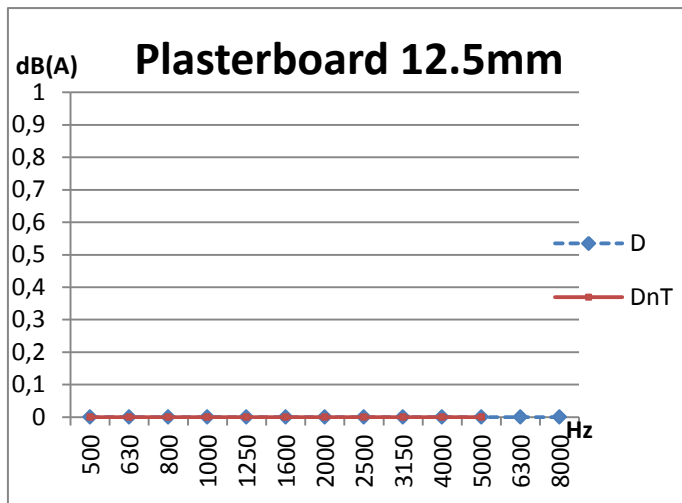
$$DnT = D + 10 \lg (T/T_0).$$

В нашите експерименти звукоизолационните свойства на материалите до последно се представят като функция на честотата поради валидността на резултатите за честоти, по-големи от 1000 Hz.



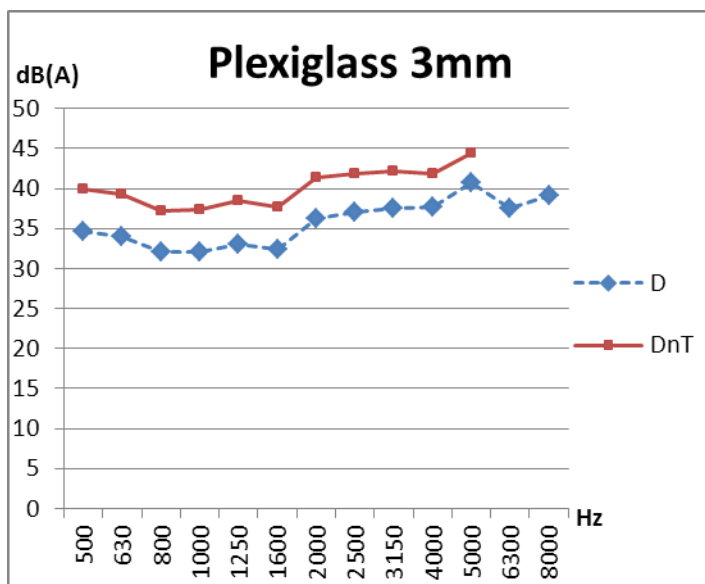
Фиг. 3. Единична преграда от OSB 10 mm:

D – Крива на загуби на енергия при преминаване през образца – измерени стойности;
 DnT – Стойности на D , коригирани с отчитане на времето на реверберация



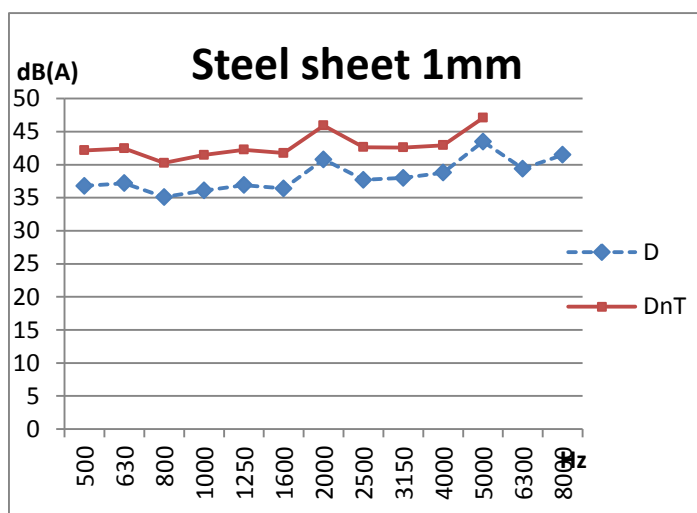
Фиг. 4. Единична преграда от Гипсокартон 12,5 mm:

D – Крива на загуби на звукова енергия при преминаване през образца – измерени стойности;
 DnT – Стойности на D , коригирани с отчитане на времето на реверберация



Фиг. 5. Единична преграда от Плексиглас 3 mm:

D – Крива на загуби на звукова енергия при преминаване през образца – измерени стойности;
DnT – Стойности на *D*, коригирани с отчитане на времето на реверберация



Фиг. 6. Единична преграда от Листова стомана 1 mm:

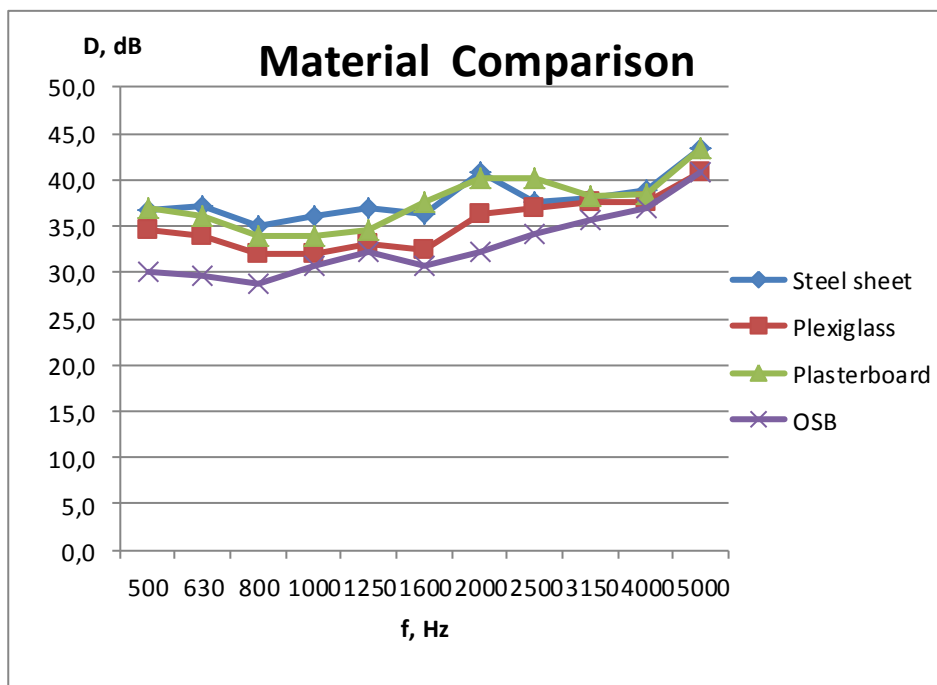
D – Крива на загуби на звукова енергия при преминаване през образца – измерени стойности;
DnT – Стойности на *D*, коригирани с отчитане на времето на реверберация

И при четирите образца се наблюдава това, че коригираната с времето на реверберация крива *DnT* следва същия ход и е еднаква за всички образци, отместена с около 4 – 5 dB от некоригираната експериментална крива *D(f)*. Това отместване се дължи на слабото поглъщане на приемащото помещение, което като учебна зала е с много по-дълго време на реверберация, тъй като повърхностите са отразяващи и обемът на поме-

цението доста се различава от типично жилищно помещение. В тези условия чрез отчитането на времето на реверберация резултатите за звукоизолационните качества на образците се завишават, поради това че при измерванията нивото на звуково налягане е завишено вследствие отразяване на звука от околните повърхности.

Извод: Според направените изследвания, отчитането на експериментално измереното време на реверберация на приемащото помещение не се налага при извършването на сравнителни измервания на звукоизолационните свойства на изследваните материали с използването на умалената акустична камера. За определянето на единичните стойности на оценения индекс на изолация от въздушен шум на конструкциите, обаче, тази корекция следва да се вземе предвид.

На следващата фиг. 7 може да се види и сравнение на звукоизолационните свойства на различните материали по честоти.



Фиг. 7. Криви на загуби на енергия при преминаване през образците – измерени стойности

За честоти над 1000 Hz най-слаб между изследваните материали звукоизолатор се оказва OSB образца ($\rho = 640 \text{ kg/m}^3$, $d = 10 \text{ mm}$). По-добър от него се явява плексигласовият образец ($\rho = 1190 \text{ kg/m}^3$, $d = 3 \text{ mm}$), а като сравнително еднакво добри звукоизолатори във високочестотната област се представят гипсокартонът ($\rho = 690 \text{ kg/m}^3$, $d = 12,5 \text{ mm}$) и листовата стомана ($\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $d = 1 \text{ mm}$).

4. Заключение

- Времето на реверберация на помещението приемник е експериментално измерено по метода на прекъснатия шум. Средната му стойност при 500 Hz е 1,72 секунди.
- Степента на влияние на времето на реверберация върху загубата на звукова енергия чрез образците е оценена на 4 – 5 децибела и води до завишаването ѝ.
- При провеждането на сравнителни изследвания на звукоизолационните свойства на материалите, отчитането на времето на реверберация не е наложително.

Благодарности

Този доклад е реализиран със съдействието на ЦНИП при УАСГ – София по договор № БН-178/15 „Изследване на възможностите на лабораторна звукоизолирана камера за оценка на шумоизолацията на строителните елементи“.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наредба № 06/4 – За ограничаване на вредния шум чрез шумоизолиране на сградите при тяхното проектиране и за правилата и нормите при изпълнението на строежите по отношение на шума, излъчван по време на строителството, 27.12.2006.

2. Джамбова, С., Пleshкова-Бекярска, С., Недков, Ц. Лабораторна шумозаглушена камера за оценка на звукоизолацията на преградни елементи. // Годишник на УАСГ, том XLVII, св. I-B, с. 281-288, София, 2015.

3. БДС EN ISO 354:2003. Акустика. Измерване на звукопоглъщането в реверберационна камера.

4. Джамбова, С., Недков, Ц., Христов И. Изследване на възможностите на лабораторна звукоизолирана камера за оценка на шумоизолацията на строителни елементи. // Годишник на УАСГ, Том 49, Брой 4, с 141–148, София, 2016.

5. БДС EN ISO 10140-1:2016 Акустика. Лабораторно измерване на звукоизолацията на строителни елементи. Част 1: Правила за прилагане за определени продукти.

INFLUENCE OF REVERBERATION TIME IN LABORATORY COMPARATIVE STUDY OF SOUND INSULATION OF MATERIALS

S. Djambova¹, I. Hristev², N. Ivanova³

Keywords: acoustics, reverberation time, sound insulation

ABSTRACT

The reverberation time of the receiver room has been measured using the interrupted noise method. Its average value is 1,72 s at frequency of 500 Hz. Comparative investigations of the sound insulation properties of different building material samples have been accomplished, using the small lab acoustic chamber, built in the UACEG. The degree of impact of the accounting for the reverberation time on these measurements has been assessed.

¹ Svetlana Djambova, Assoc. Prof. Dr., Dept. "Physics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: std_fhe@uacg.bg

² Ivailo Hristev, PhD student, Dept. "Radio Communications and Video Technology", Technical University, 8 Kl. Ohridski Blvd., Sofia 1000, e-mail: i.hristev@stivox.com

³ Natalia Ivanova, Assistant, Dept. "Physics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: natalia9010@abv.bg

