

Получена: 15.09.2017 г.

Приета: 26.10.2017 г.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗВУКОИЗОЛАЦИОННАТА СПОСОБНОСТ НА СЪЧЕТАНИ СТРОИТЕЛНИ ЕЛЕМЕНТИ

С. Джамбова¹, Н. Иванова²

Ключови думи: акустика, звукоизолация, строителна физика, трислойни строителни материали

РЕЗЮМЕ

Направени са изследвания на съчетани строителни елементи с цел подобряване на звукоизолационните им характеристики, като се редуват твърди елементи (гипскартон с различни дебелини, ламарина, OSB) и еластични слоеве. Стремежът е да се разработят такива варианти, при които резонансната честота и честотата на вълново съвпадение по възможност да не попадат в разглеждания в строителството честотен диапазон и да бъдат постигнати максимално добри резултати на индекса на изолация от въздушен шум. От разглежданите комбинации най-ефективни са комбинациите „ГК 12,5 mm – еластичен слой – ламарина“ и „ГК 12,5 mm – еластичен слой – ГК 9,5 mm“. Част от съчетаните елементи са изчислени със специализирания софтуер Insul с цел сравнение между експеримент и теория.

1. Въведение

В съвременните сгради все по-широко намират приложение леките преградни стени и конструкции. Това се дължи на тенденциите на съвременната архитектурна мисъл, на голямото разнообразие от строителни изделия и материали, а също и на използването на нови проектантски решения. Развитието и все по-широкото прилагане на

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

² Наталия Иванова, ас., кат. „Физика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: natalia9010@abv.bg

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 планировъчните решения в зависимост от промяната на функцията на помещението в процеса на експлоатация.

Освен това започва да се цени не само външният вид, доброто разпределение и функционалност, а и здравословният начин на обитаване. Шумът се явява основен фактор, влияещ на здравето, на работоспособността и на концентрацията на обитателите. Затова започва да се обръща все по-голямо внимание за осигуряване на акустичен комфорт в помещенията на жилищни и обществени сгради. Във връзка с това се усъвършенстват решенията на подходящи конструкции, удовлетворяващи строително-физичните изисквания [1, 2].

С оглед на осигуряването на необходимата звукоизолация леките конструкции се изпълняват като многослойни. Тези конструкции намаляват пренасянето на звуковата енергия вследствие на различното акустично поведение на слоевете и намаляват излъчването на шума от другата страна на източника.

С изследването се цели да се ограничи неблагоприятното действие на явлението вълново съвпадение като критичната честота трябва да лежи извън интересната за строителната акустика честотна област 100 – 3150 Hz [3, 4].

2. Експериментална постановка и процедура за измерване на звукоизолационните качества на образците

Експерименталната оценка на звукоизолацията на трислойни строителни елементи с различни съчетания на слоевете се извършва с помощта на изградената в катедра „Физика“ умалена акустична камера. Подробно описание на акустичната камера е представено в [5, 6]. В отвора ѝ се монтира образецът. Използва се шумомер, който записва по терц-октавни ленти нивата на звуковете налягания в камерата, т.нар. излъчващо помещение, и също така в основното помещение, т.нар. приемно помещение.

Измерванията, проведени с умалената акустична камера, спомагат за предварителна оценка и изследване на подобрението на звукоизолационните свойства на строителните материали и комбинации на слоеве с научна цел, за търсене на най-голям ефект и приложение, за получаване на една първоначална картина на тенденциите и насока за по-нататъшно развитие. Изследва се честотният диапазон от 500 Hz до 8000 Hz, поради факта, че вътрешният размер на камерата не позволява разпространението на по-ниските честоти.

Проведено е сравнително измерване на звукопреминаването през леки преградни елементи, като се използват различни съчетания на слоеве, за да се оцени ефектът. Направени са изчисления на звукоизолацията за най-добрата комбинация от слоеве, като се отчита времето на реверберация в приемащото помещение [7], както и влиянието на фоновия шум.

След като е направена оценка на резултатите, за комбинацията „ГК 12,5 mm – еластичен слой – ГК 9,6 mm“ е направено сравнение на звукоизолацията по честоти с тази на един слой ГК 12,5 mm за демонстриране на ефекта на многослойност. По този начин се запазва идеята за лекота, тънкослойност и бърз монтаж, но се подобряват звукоизолационните качества на конструкциите.

3. Резултати от измерванията на звукоизолацията от въздушен шум по октавни ленти за различни трислойни образци с размер 600 × 600 mm

В табл. 1, табл. 2 и табл. 3 са представени резултатите от измерванията за три различни трислойни образца съответно: „ГК 9,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm“, „ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm“ и „ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ламарина 1 mm“. По честоти са представени експериментално измерените нива на звуковото налягане в dB в излъчващото помещение (камерата) и приемащото помещение (след образца). В последната колона е изчислена звукоизолацията по честоти, която е разликата в тези две нива с отчитане на нивото на фоновия шум, също измерено по време на настоящия експеримент. Отчетено по честоти е и времето на реверберация на приемащото помещение, което бе предмет на друго изследване [7].

Таблица 1. Звукоизолация на съчетание ГК 9,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm

| Честота | Ниво в излъчващото помещение | Ниво в приемащото помещение | Фонов шум | Корекция | Време на реверберация (Приемно помещение) | A | Звукоизолация |
|---------|------------------------------|-----------------------------|-----------|----------|---|----------------|---------------|
| [Hz] | [dB] | [dB] | [dB] | [dB] | [s] | m ² | [dB] |
| 500 | 85,6 | 42,4 | 24,4 | 42,4 | 1,72 | 20,8 | 40,0 |
| 630 | 79 | 36,4 | 17,4 | 36,4 | 1,68 | 21,2 | 39,3 |
| 800 | 76,6 | 33,9 | 17,5 | 33,9 | 1,64 | 21,8 | 39,3 |
| 1000 | 82,3 | 33,9 | 15,5 | 33,9 | 1,72 | 20,8 | 45,2 |
| 1250 | 81,8 | 33,5 | 21,5 | 33,2 | 1,72 | 20,8 | 45,4 |
| 1600 | 84,9 | 35,1 | 17,4 | 35,1 | 1,72 | 20,8 | 46,6 |
| 2000 | 86,8 | 36,6 | 12,5 | 36,6 | 1,63 | 21,9 | 46,8 |
| 2500 | 83 | 40,1 | 12,9 | 40,1 | 1,56 | 22,9 | 39,3 |
| 3150 | 83,3 | 41 | 13,9 | 41,0 | 1,44 | 24,8 | 38,4 |
| 4000 | 81,7 | 34,1 | 18,9 | 34,1 | 1,3 | 27,5 | 43,2 |
| 5000 | 81,6 | 31,3 | 11,3 | 31,3 | 1,14 | 31,3 | 45,3 |

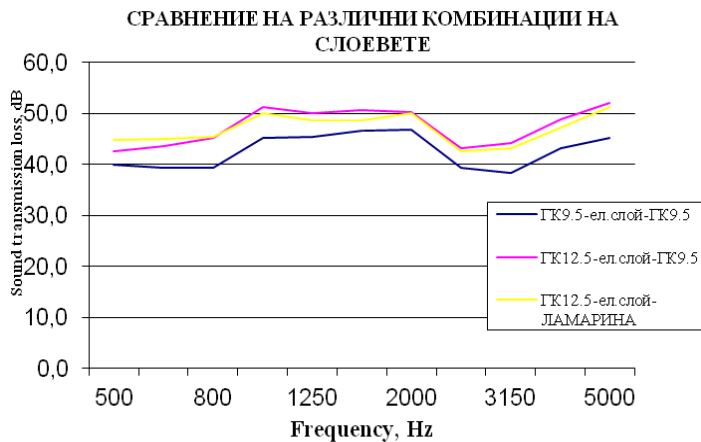
Таблица 2. Звукоизолация на съчетание ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm

| Честота | Ниво в излъчващото помещение | Ниво в приемащото помещение | Фонов шум | Корекция | Време на реверберация (Приемно помещение) | A | Звукоизолация |
|---------|------------------------------|-----------------------------|-----------|----------|---|----------------|---------------|
| [Hz] | [dB] | [dB] | [dB] | [dB] | [s] | m ² | [dB] |
| 500 | 85,6 | 39,9 | 24,4 | 39,9 | 1,72 | 20,8 | 42,5 |
| 630 | 79 | 32,2 | 17,4 | 32,1 | 1,68 | 21,2 | 43,7 |
| 800 | 76,6 | 28,4 | 17,5 | 28,0 | 1,64 | 21,8 | 45,2 |
| 1000 | 82,3 | 28 | 15,5 | 27,7 | 1,72 | 20,8 | 51,4 |
| 1250 | 81,8 | 29,4 | 21,5 | 28,6 | 1,72 | 20,8 | 50,0 |
| 1600 | 84,9 | 31,2 | 17,4 | 31,0 | 1,72 | 20,8 | 50,7 |
| 2000 | 86,8 | 33,2 | 12,5 | 33,2 | 1,63 | 21,9 | 50,2 |
| 2500 | 83 | 36,2 | 12,9 | 36,2 | 1,56 | 22,9 | 43,2 |
| 3150 | 83,3 | 35,2 | 13,9 | 35,2 | 1,44 | 24,8 | 44,2 |
| 4000 | 81,7 | 28,9 | 18,9 | 28,4 | 1,3 | 27,5 | 48,9 |
| 5000 | 81,6 | 24,7 | 11,3 | 24,5 | 1,14 | 31,3 | 52,1 |

Таблица 3. Звукоизолация на съчетание ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ламарина 1 mm

| Честота | Ниво в излъчващото помещение | Ниво в приемното помещение | Фонов шум | Корекция | Време на реверберация (Приемно помещение) | A | Звукоизолация |
|---------|------------------------------|----------------------------|-----------|----------|---|----------------|---------------|
| [Hz] | [dB] | [dB] | [dB] | [dB] | [s] | m ² | [dB] |
| 500 | 85,6 | 37,8 | 24,4 | 37,6 | 1,72 | 20,8 | 44,8 |
| 630 | 79 | 30,8 | 17,4 | 30,6 | 1,68 | 21,2 | 45,1 |
| 800 | 76,6 | 28,2 | 17,5 | 27,8 | 1,64 | 21,8 | 45,4 |
| 1000 | 82,3 | 29,2 | 15,5 | 29,0 | 1,72 | 20,8 | 50,1 |
| 1250 | 81,8 | 30,5 | 21,5 | 29,9 | 1,72 | 20,8 | 48,7 |
| 1600 | 84,9 | 33,1 | 17,4 | 33,1 | 1,72 | 20,8 | 48,6 |
| 2000 | 86,8 | 33,4 | 12,5 | 33,4 | 1,63 | 21,9 | 50,0 |
| 2500 | 83 | 36,7 | 12,9 | 36,7 | 1,56 | 22,9 | 42,7 |
| 3150 | 83,3 | 36,2 | 13,9 | 36,2 | 1,44 | 24,8 | 43,2 |
| 4000 | 81,7 | 30,4 | 18,9 | 30,1 | 1,3 | 27,5 | 47,2 |
| 5000 | 81,6 | 25,6 | 11,3 | 25,4 | 1,14 | 31,3 | 51,2 |

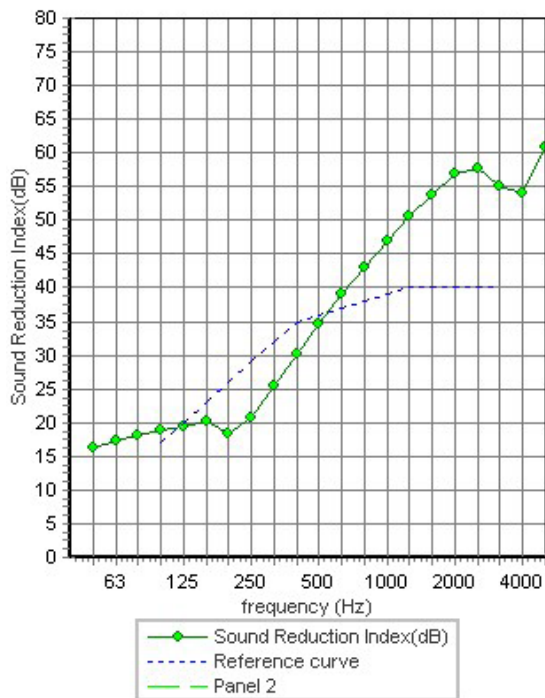
На фиг. 1 графично е сравнена звукоизолацията (загубата на ниво на звуково налягане при преминаване през образца) за трите изследвани комбинации трислойни строителни елементи. Много добра звукоизолационна способност демонстрират комбинациите „ГК 12,5 mm – еластичен слой – ГК 9,5 mm“ и „ГК 12 mm – еластичен слой 23 mm – ламарина 1 mm“, като първата има по-добра изолация за цялата област над 1000 Hz. Комбинацията „ГК 9,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm“ показва пониски стойности, най-вероятно поради по-малките и с еднакви дебелини гипсокартонени слоеве, изпадащи в резонанс.



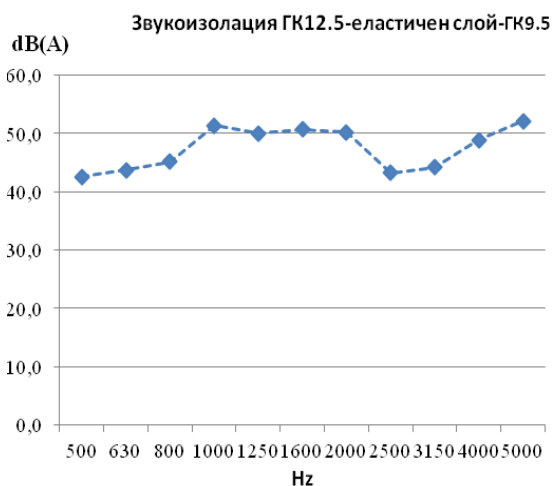
Фиг. 1. Звукоизолация по честоти на три комбинации леки трислойни елементи

На фиг. 2 и фиг. 3 са представени съответно теоретичните и експерименталните стойности на звукоизолацията по честоти за комбинацията „ГК 12,5 mm – еластичен слой – ГК 9,5 mm“. За получаване на теоретичните стойности е използван програмният продукт Insul, като еластичният слой е моделиран с възможно най-подходящия по параметри слой, зададен в програмата. Размерът на образца, зададен в програмата за изчисление, обаче се различава от този в експеримента поради умаления вид на камерата. Теоретичната стойност на индекса на звукоизолация за комбинацията е изчислен на 36 dB.

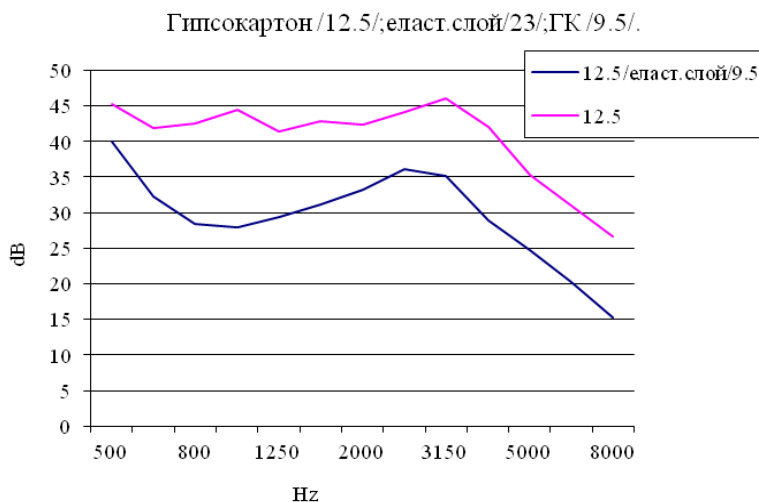
На последната фиг. 4 е демонстриран ефектът на многослойност, като са сравнени по честоти звукопреминаването през комбинацията „ГК 12,5 mm – еластичен слой – ГК 9,5 mm“ и през образец от единствен слой от ГК 12,5 mm. Видно е, че звукопреминаването през трислойната конструкция е по-малко, отколкото през единичната конструкция с до 10 – 15 dB за различните честоти.



Фиг. 2. Звукоизолация по честоти, изчислена с Insul за комбинация ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm с оценен индекс на звукоизолация Rw 36 dB



Фиг. 3. Звукоизолация по честоти, измерена в камерата за комбинация ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm



Фиг. 4. Звукопреминаване по честоти през комбинация ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9 mm и през единичен слой ГК 12,5 mm

4. Заключение

- Умалената акустична камера, изградена в катедра „Физика“ на Университета по архитектура, строителство и геодезия, е успешно приложена за сравнителни изследвания на звукоизолационните качества на образци от леки трислойни строителни елементи.
- С най-добра звукоизолационна способност се оказват комбинациите от „ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ГК 9,5 mm“ и „ГК 12,5 mm – еластичен слой 23 mm – ламарина 1 mm“. Тя се изразява в намалено звукопреминаване през слоевете и се обяснява с различното трептене на слоевете и различните собствени честоти.
- Ефектът на намаляване на звукопреминаването чрез образуване на система маса-пружина-маса с различна големина на масите е експериментално демонстриран чрез сравнителни изследвания.
- Въпреки че нискочестотната област не е обект на изследване, резултатите за изследваната честотна област от 500 Hz до 8000 Hz дават представа за ефекта.
- Предстои по-подробно изследване на особеностите за някои честоти.

Благодарности

Умалената акустична камера е изградена в катедра „Физика“ на Университета по архитектура, строителство и геодезия със средствата и 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. *Schild, E.* Bauphysik: Planung u. Anwendung, Springer Verlag, 1982.
2. *Maysenhölder, W.* Schallschutz mit Vakuumisulationspaneelen, IBP-Bericht B-BA 1/2008.
3. https://www.uni-due.de/ibpm/Bauphysik-Interaktiv/koinzidenz_4.htm.
4. *Fasold, W. und Veres, E.* Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Verlag für Bauwesen, Berlin, 2003.
5. *Джамбова, С., Пleshкова-Бежарска, С., Недков, Ц.* Лабораторна шумозаглушена камера за оценка на звукоизолацията на преградни елементи. Юбилейна международна научно-техническа конференция “65 години Хидро-технически факултет и 15 години немскоезиково обучение”, 6 – 7 ноември 2014.
6. *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, св. 4, с. 141 – 148, София, 2016.
7. *Джамбова, С., Христов, И., Иванова, Н.* Влияние на времето на реверберация при лабораторни сравнителни изследвания на шумоизолацията на материали. // Годишник на УАСГ, том 50, св. 3, с. 115 – 123, София, 2017.

SURVEY OF THE SOUND PROOFING CHARACTERISTICS OF TRIPLE-LAYER BUILDING ELEMENTS

S. Djambova¹, N. Ivanova²

Keywords: acoustics, sound insulation, building physics, building materials

ABSTRACT

Studies of laminated building elements have been made to improve their sound-proofing characteristics by alternating rigid elements (gypsum boards of varying thickness, sheet metal, OSB) and elastic layers. The aim is to develop such variants for which, applying the known mass-spring-mass principle, the resonance and wavelength frequency will not fall within the frequency range considered in the construction and the maximum performance of the airborne insulation index will be achieved. The “gypsum board 12,5 mm – elastic layer – metal sheet” and “gypsum board 12,5 mm – elastic layer – gypsum board 9,5 mm” are the most effective of the considered combinations. Part of the samples have been calculated by specialized Insul software for comparison between experiment and theory.

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

² Natalia Ivanova, Assist., Dept. “Physics”, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: natalia9010@abv.bg