

Изследване влиянието на допълнителни акустични елементи върху времето за реверберация на помещение

Росен Русанов¹, Красимир Неделчев, Валери Трифонов и Петър Иванов

Технически университет – София, бул. „Кл. Охридски“ №8, 1000 София, България

¹ E-mail: rusanov@tu-sofia.bg

Резюме. В работата се изследва влиянието на допълнителните акустични елементи, поставени в близост до стените или върху тях, с цел промяна на акустичните характеристики /акустичната картина/ на помещението. Като параметър за оценка се използва времето за реверберация. Експериментално е измерено времето на реверберация в акустично студио при различни конфигурации на различни акустични елементи. Анализирани са резултатите от експерименталните изследвания.

1. Въведение

При съвременните жилищни и нежилищни помещения има редица специфични изисквания по отношение на осигуряването на акустичните им характеристики. При едни помещения те осигуряват необходимата акустична среда за нормалното функциониране на помещението (акустично студио, кино салони, театрални зали, молитвени храмове и др.) при други осигуряват по-висока работоспособност на служителите в него. Това налага необходимостта от моделиране на акустичното пространство в помещенията в зависимост от функционалното им предназначение. Акустичните характеристики на помещенията зависят от геометрията на помещението, материалите от които е изградено, мебелите и разположението им, материалите от които са изработени мебелите, от машините които работят в него, както и от допълнителните акустични елементи, които се използват, за да се моделират акустичните характеристики на помещенията. Изпълнението на съвременните изисквания по отношение на акустичните характеристики на помещенията в много случаи се постига чрез поставянето на допълнителни акустични елементи по подходящ начин в зависимост от помещението.

Изменението на акустичните характеристики на помещенията и акустичните елементи за редуция на акустичен шум [1, 2, 3] се изследват числено, чрез специализирани софтуери за симулационни анализи [4] и експериментално.

Целта на работата е да се изследва влиянието на допълнителните акустични елементи, поставени до стените, върху промяната на акустичните характеристики (акустичната картина) на помещението. Като параметър за оценка се използва времето за реверберация.

2. Експериментално изследване

Направени са два вида експерименти: един за оценка на влиянието на положението на микрофона върху времето за реверберация и един за определяне на влиянието на поставени допълнителни акустични елементи върху времето за реверберация.

2.1. Използвана апаратура и принадлежности

При експерименталното изследване е използвана следната апаратура и принадлежности:

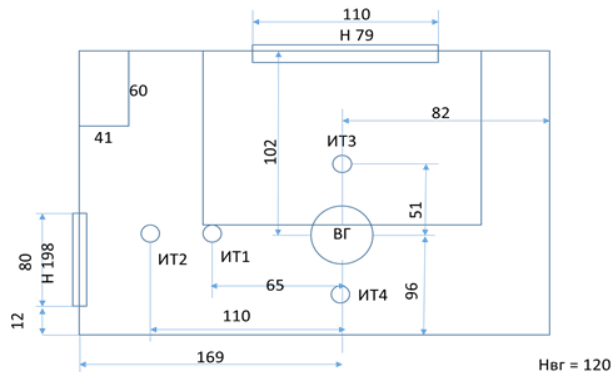
- Преносим шумомер XL2 с микрофон, свързан към шумомера с 5 m кабел;
- Източник излъчващ шум във всички посоки: ntek OMNI 5” (Dodecahedral source);
- Усилвател на източник на шум: ntek AMGMini;
- Стойки за микрофон и източник на шум;
- Акустични елементи/пана с размери (Solo[5]): 60x60 cm; 60x120 cm и 60x240 cm.

2.2. Методика на измерването

Измерването е реализирано съгласно стандарти [6, 7, 8]. Микрофона се поставя на определените предварително позиции на нивото на източника на шума. След това се пуска преносимия шумомер в режим на измерване на време за реверберация. В този режим уредът измерва фоновото ниво на звуково налягане в помещението по терцооктави. Пуска се източника на „бял“ шум, изчаква се определено време, след което се спира чрез дистанционното управление. Уредът изчислява времето за реверберация по терцооктави. Процедурата се повтаря няколко пъти (поне три), в резултат на което уреда изчислява средното време за реверберация по терцооктави за всички измервания за конкретното активиране на режима на измерване на време за реверберация.

2.3. Измерване на времето на реверберация в 4 броя измервателни точки (ИТ1, ИТ2, ИТ3 и ИТ4), при две положения на микрофона спрямо високоговорителя в студио за звукозапис на говорна реч

На фигура 1 е показана схема на акустично студио, на което е измерено времето за реверберация при едно положение на източника и четири положения на микрофона.

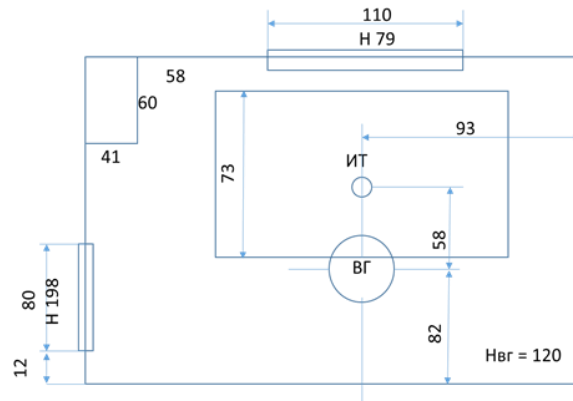


Фигура 1. Схема на взаимното разположение на източника на шум и микрофоните в акустичното студио (при измерване в 4бр. ИТ).

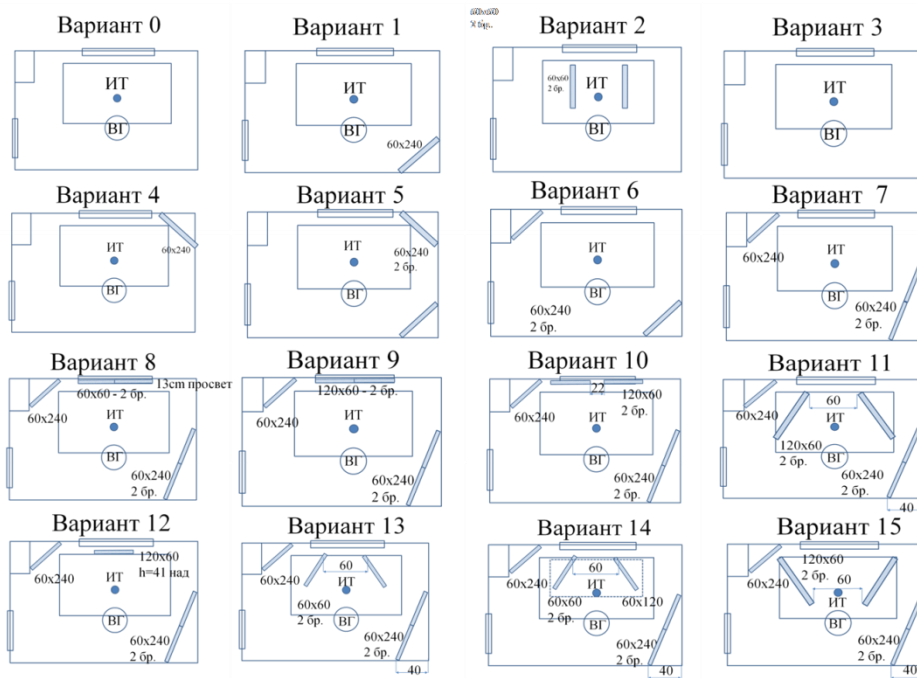
На фигури 1 и 2 са използвани следните обозначения: ИТ1 – измервателна точка 1; ИТ2 – измервателна точка 2; ИТ3 – измервателна точка 3; ИТ4 – измервателна точка 4; Н 198 – височина на вратата (198 cm); Нвг =120 – височина на разположението на средата на високоговорителя и микрофоните (120 cm); Н 79 – височина на централния наклонен прозорец (79 cm).

2.4. Измерено е времето на реверберация в една измервателна точка, при двадесет варианта на разположение на акустични панели

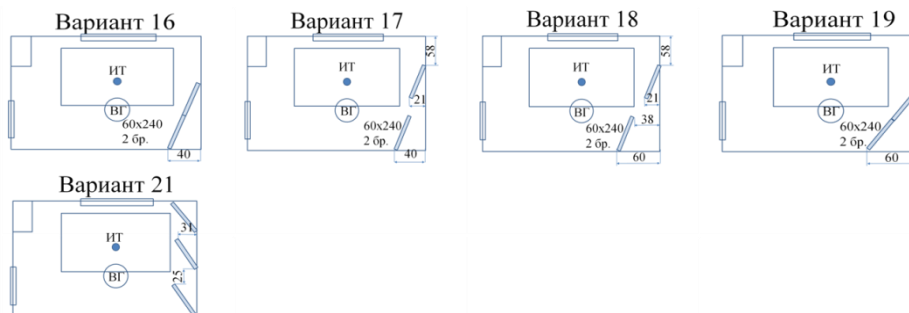
Различните варианти на разположение на акустичните панели в акустичното студио са показани на фигури 3 и 4.



Фигура 2. Схема на взаимното разположение на източника на шум и микрофона в акустичното студио (при измерване в една ИТ).



Фигура 3. Разположение на акустичните панели в акустичното студио: варианти от №0 до №15.



Фигура 4. Разположение на акустичните панели в акустичното студио: варианти от №16 до №20.

3. Резултати от изследванията

- Измерване на времето на реверберация в 4 броя измервателни точки: таблица 1.

Таблица 1. Резултати от измерване на време за реверберация в четири измервателни точки.

Т60, s при:	М, насочен към ВГ	М, насочен към стена
ИТ 1	0.218	0.275
ИТ 2	0.195	0.227
ИТ 3	0.202	0.308
ИТ 4	0.147	0.160

М – микрофон; ВГ - високоговорител

- Измерено е времето на реверберация в една измервателна точка, при двадесет варианта на разположение на акустични панели: таблици 2 и 3.

Таблица 2. Резултати от измерване на време за реверберация в ИТ 1 от фигура 2 за варианти от № 0 до № 10. (* - Вариант 0 е без използване на акустични панели)

Вариант	v0*	v1	v2	v3	v4	v5	v6	v7	v8	v9	v10
f _{1/3octave}	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60
Hz	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
f ₄₀₀₋₁₂₅₀	0.21	0.16	0.21	0.30	0.25	0.30	0.26	0.25	0.24	0.22	0.41
f ₁₀₀₋₁₀₀₀₀	0.31	0.26	0.28	0.45	0.31	0.45	0.32	0.42	0.26	0.30	0.31
f _{63*-315}	0.97	0.72	0.66	1.14	0.67	1.14	0.71	0.98	0.58	0.74	0.63
f ₄₀₀₋₁₀₀₀₀	0.14	0.12	0.12	0.17	0.15	0.17	0.15	0.15	0.14	0.13	0.20

Таблица 3. Резултати от измерване на време за реверберация в ИТ 1 от фигура 2 за варианти от № 11 до № 20.

Вариант	v11	v12	v13	v14	v15	v16	v17	v17	v18	v19	v20
f _{1/3octave}	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60	RT60
Hz	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s	s
f ₄₀₀₋₁₂₅₀	0.14	0.29	0.25	0.27	0.19	0.18	0.19	0.25	0.18	0.22	0.20
f ₁₀₀₋₁₀₀₀₀	0.26	0.29	0.34	0.31	0.25	0.30	0.22	0.38	0.32	0.29	0.29
f _{63*-315}	0.65	0.84	0.88	1.36	0.69	1.13	0.66	1.06	0.91	0.76	0.89
f ₄₀₀₋₁₀₀₀₀	0.10	0.16	0.14	0.14	0.11	0.12	0.12	0.15	0.12	0.14	0.13

f_{1/3octave} – терцооктавни честоти за честотният интервал от 50 до 10000 Hz;

f₄₀₀₋₁₂₅₀ – от 400 до 1250 Hz е честотният интервал на времето за реверберация представено, чрез една стойност (средноаритметична) съгласно стандарта;

f_{63*-315} – от 63 до 315 Hz е честотният интервал на времето за реверберация представено, чрез една стойност (средноаритметична);

f₄₀₀₋₁₀₀₀₀ – от 400 до 10000 Hz е честотния интервал на времето за реверберация представено, чрез една стойност (средноаритметична);

f₁₀₀₋₁₀₀₀₀ – от 100 до 10000 Hz е честотния интервал на времето за реверберация представено, чрез една стойност (средноаритметична);

RT60 – време за реверберация, s.

4. Анализ на резултатите

В таблица 1 са представени данните за измерването на времето за реверберация в 4^{те} измервателни точки и е видно, че то зависи от разположението на микрофона в помещението и ориентацията му спрямо източника на акустичен шум.

В таблици 2 и 3 са представени резултатите от измерванията на времето на реверберация за 20^{те} различни варианта на разположение на акустичните панели в помещението. От проведените експерименти се вижда, че най-малко общо време за реверберация се получава при варианти v1 (0.16 s) и v11 (0.14 s), а най-големи при варианти v5 (0.30 s), v10 (0.41 s) и v12 (0.29 s). За диапазона на ниските честоти от 63 Hz до 315 Hz средната аритметичната стойност на времето за реверберация по терцооктави се получава най-малка стойност при варианти v2 (0,66s), v8 (0.58 s), v10 (0.63 s) v11 (0.65 s) и v17 (0.66 s).

5. Заключение

Въз основа на получените резултати от изследванията можем да се посочат следните изводи:

- Разположението на микрофона влияе на измереното време на реверберация;
- Поставянето на допълнителни акустични елементи в помещението води до промяна на времето за реверберация;
- Поставянето на допълнителни акустични елементи в помещението води до промяна на времето за реверберация по терцооктави;
- Разположението на допълнителните акустични елементи в помещението влияе на времето за реверберация.

Благодарности

Това проучване е проведено с финансовата подкрепа на проект № 201ПП0012-04 „Изследване на влиянието на интериора в помещенията върху разпределението на нивото на звуковото налягане“.

Литература

- [1] Kralov I and Nedelchev K 2019 Lowering the noise level in the transport flows through reduction of the traffic barrier reflected noise *IOP Conf. Ser.: Mat. Sci. Eng.* **618** 012051
- [2] Gieva E, Ruskova I, Nedelchev K and Kralov I 2018 An investigation of the influence of the geometrical parameters of a passive traffic noise barrier upon the noise reduction response *AIP Conference Proceedings* **2048** 020020
- [3] Rusanov R, Nedelchev K and Ivanov P 2019 Using COMSOL to investigate the effectiveness of mufflers *Akustika* **21**
- [4] Introduction to the Acoustics Module, Version: COMSOL 5.4, COMSOL, 2018
- [5] <https://www.aktav.com.tr/en/solo-acoustic-wall-panel.php> (30.11.2020)
- [6] ISO 3382-1:2009 Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 1: Performance spaces
- [7] ISO 354:2003 Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room
- [8] ISO 18233:2006 Acoustics – Application of new measurement methods in building and room acoustics

Investigation of the influence of additional acoustic elements on room reverberation time

Rosen Rusanov¹, Krasimir Nedelchev, Valeri Trifonov and Petar Ivanov

Technical University – Sofia, Department of Mechanics, Faculty of Transport,
8 Kliment Ohridski Blvd., 1000 Sofia, Bulgaria

¹ E-mail: rusanov@tu-sofia.bg

Abstract: The paper is to study the influence of additional acoustic elements placed near the walls or on them, on the reverberation time of the room where we want to change the acoustic characteristics (acoustic picture). The reverberation time in an acoustic studio was experimentally measured in different configurations of different acoustic elements. The results of the experimental studies are analyzed.