



DOI: [10.71167/uaceg.2026.590116](https://doi.org/10.71167/uaceg.2026.590116)

Получена: 13.08.2025 г.

Приета: 22.01.2026 г.

## АКУСТИКА НА ЗАЛИ ЗА ГОВОР

Н. Иванова<sup>1</sup>

*Ключови думи:* акустика, зали за говор, строителна физика, строителни материали и конструкции

### РЕЗЮМЕ

Акустичните изисквания при проектирането на зали за говор у нас не са достатъчно познати на проектантите, а такива зали се изпълняват в много обществени сгради. По тази причина настоящата разработка се занимава с основните принципи и фактори, влияещи върху акустиката на зали, предназначени за говор. Анализирани са параметри като време на реверберация, яснота на речта и равномерност на звуковото поле. Описани са методи за постигане на добра акустика чрез избор на подходящи геометрични форми, материали и звукопоглъщащи елементи. Представени са примери от практиката за проектиране на акустиката на помещения за говор, както и измервания на времето на реверберация. Предложени са насоки за проектиране и оптимизация на акустични решения с цел осигуряване на висока разбираемост на речта и комфорт за слушателите.

### 1. Въведение

Качествата на една зала за говор не са толкова в нейния външен вид, колкото в начина на възприемане и разбираемостта на речта. За да се постигне една оптимална среда за учебния процес, е необходимо познаването на основните принципи на архитектурната акустика, начина на разпространение на звука, факторите, влияещи върху акустичните параметри и начините за обработка на помещенията, както и добрите практики от напредналите в това отношение страни. Като се започне от основите на архитектурната акустика, величините, с които се работи, начините за изчисление и проектиране на акустичните мерки и се стигне до новите постижения и специфичните ефекти на отделните елементи и конструкции, всеки елемент е важен.

---

<sup>1</sup> Наталия Иванова, гл. ас. д-р инж., кат. „Физика“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: [bobeva\\_fhe@uacg.bg](mailto:bobeva_fhe@uacg.bg)

Тъй като физиката и техниката са основата на акустиката на чуването, не би могло да се стигне до подобряване на помещението без познаване на основите им. Добре е от самото начало да се предотврати появата на акустични проблеми. Естествено оценката и възприемането на акустиката в едно помещение се влияе и от субективни фактори. Например беше изследвано как едно и също помещение се възприема по различен начин, но в същото време и се наблюдават общи предпочитания. Ученици в по-горните класове предпочетоха по-заглушеното помещение за преподаване, докато по-малките ученици не се влияят толкова от този фактор. Въпреки всички тези различия, има установени нормативни изисквания за говор, които дават общи насоки за проектиране [1].

Законово, дори и в страна като Германия пространствено-акустичните изисквания не са правно зададени. На собственика, строителя или потребителя е предоставено да решат какви ще се акустичните условия на помещенията. За разлика от престижните обекти като парламент, концертни зали и театри, при частните жилища, училища, офиси почти не се обръща внимание на акустиката на помещенията [2].

Принципно погледнато инженерите акустици и архитектите имат единна цел, а именно постигане на висока степен на разбираемост на говора, но на практика средствата, с които боравят са различни. Докато инженерите акустици се занимават с величините и параметрите на звуковото поле в залите, архитектите – с формите. Но за по-малки зали, които са много по-често срещани, е добре предварително да се определят кои акустични и строително-архитектурни мерки да влязат в един проект, за да се осигури висока степен на разбираемост на говора и това да става от по-голяма част от проектантите. Тези знания са насочени към практическото приложение в широк обхват.

Изясняването на нееднаквото поглъщане на повърхнините на залата за различните звукови честоти, съизмеримостта на звуковите вълни с размерите на залата, структурата на звуковото поле с ранни и късни отражения, разпределението на звука във времето и обема на залата, добрата в акустично отношение форма са важни моменти в разработването на акустичните мерки.

## **2. Основни параметри**

### **2.1. Време на реверберация**

Един от главните параметри, характеризиращи акустиката на помещението, е времето, за което настъпва затихване на звуковото ниво с 60 dB след спирането на източника.

Този параметър е заложен в изискванията за различните видове помещения по честоти.

Знае се, че особено голямо е времето на реверберация в помещения с голям обем и околни повърхности с малък коефициент на звукопоглъщане. Такива помещения са кънтаящи. Ако коефициентът на звукопоглъщане на заграждащите повърхности е по-висок, времето на реверберация става твърде кратко и помещението е „глухо“.

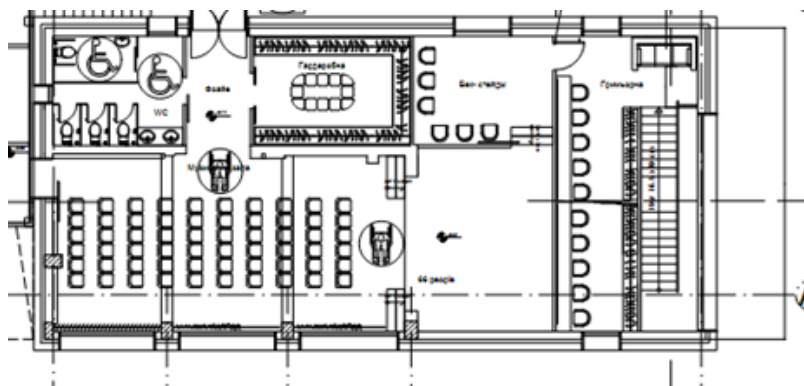
### **2.2. Примери за оразмеряване на зали за говор**

Последващите примери, изчислени по европейски и български изисквания, дават обща представа с какви мерки могат да се постигнат изискванията за време на реверберация. Възможни са много варианти за акустично третиране, но тези са дадени за обща представа за това, че този важен за такива зали параметър може да се постигне с малко допълнителни усилия.

### 2.2.1. Зала за говор в читалище в Родопите

Размери на залата:

- ширина – 6 m;
- дължина – 16,65 m;
- височина – 3 m;
- обем – 300 m<sup>3</sup>.

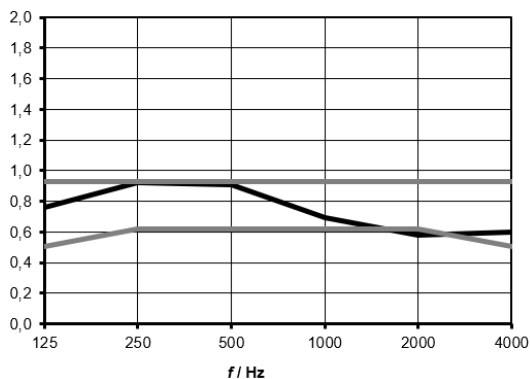


Фиг. 1. Разпределение на етажа със залата

След изчисления за постигане на изискванията по честоти за зала за говор се предлагат следните конструкции като вариант:

- стени гипсокартон (ГК), като по задната стена има звукопоглъщащи плоскости с площ  $1,2 \times 6$  m на височина с наклон за насочване на звука;
- дървен под;
- таван ГК и  $2 \times 1,2 \times 9$  m звукопоглъщащи плоскости (окачен таван с коефициент на звукопоглъщане  $\alpha = 0,7$ ), разположен от двете страни до ръба на тавана.

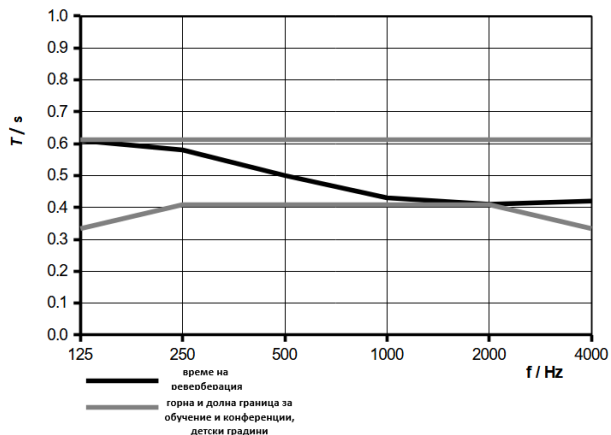
Освен това, за по-добра оптимизация в честотния диапазон се предвиждат плъшени завеси по цялата стена с прозорци и тогава времето на реверберация влиза в рамките на изискванията [3], графично показано на фиг. 2.



Фиг. 2. Време на реверберация по честоти на залата, с изисквания за говор

### 2.2.2. Втори пример – учебна зала с размери $L = 7 \text{ m}$ , $B = 6 \text{ m}$ , $H = 3,2 \text{ m}$

Залата е оразмерена с изискване за време на реверберация за преподаване, конференции, детски градини.



Фиг. 3. Време на реверберация по честоти на залата с изисквания за говор

Преди акустичната обработка със стандартно изпълнение с вароциментова мазилка по стени и таван средното време на реверберация е  $2,07 \text{ s}$ , а при поставяне на звукопоглъщащ таван с коефициенти на звукопоглъщане по честоти, показани в табл. 1, времето на реверберация спада на  $0,49 \text{ s}$  при изискване  $0,51 \text{ s}$  и така се вписва в границите на изискванията, показани графично на фиг. 3.

Таблица 1. Коефициент на звукопоглъщане на окачения таван

Честота, Hz	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0,75	0,85	0,85	0,85	1	1

### 2.2.3. Пример с учебна зала по българските изисквания

Изисквания за класни стаи и учебни помещения за дадени в Наредба № РД-02-20-3 [4] изисквания, понякога само с една стойност за три честоти на времето на реверберация, са представени в табл. 2.

Таблица 2. Максимална продължителност на времето за реверберация  $T$ , s в свободни, напълно завършени класни стаи и в други учебни пространства, съгласно Наредба № РД-02-20-3 от 21.12.2015 г.

№ по ред	Учебно пространство	Максимално време на реверберация за нива на звуково налягане в октавни ленти със средни честоти 500, 1000 и 2000 Hz, s
1.	Основни учебни пространства със затворен обем $< 283 \text{ m}^3$	0,6
2.	Основни учебни пространства със затворен обем $> 283 \text{ m}^3$ и $\leq 566 \text{ m}^3$	0,7
3.	Основни учебни пространства със затворен обем $> 566 \text{ m}^3$ и всички спомагателни учебни пространства	от 0,7 до 1,1 ( $\leq 1,5$ )

Учебна зала с размери:

- ширина – 5 m;
- дължина – 15 m;
- височина – 4 m;
- обем – 300 m<sup>3</sup>.

Изискването е за максимално време на реверберация съгл. Наредба № РД-02-20-3 за 500, 1000 и 2000 Hz е 0,7 s.

Изчисляването на времето на реверберация при гипсокартон ( $\alpha = 0,03$ ) става по формулата на Сабин (1)

$$T = \frac{0,163V}{A_{\Sigma}}, \quad (1)$$

където  $V$  е обемът на помещението в m<sup>3</sup>;

$A_{\Sigma}$  – еквивалентна площ на звукопоглъщане, m<sup>2</sup> и се изчислява по формула (2)

$$A_{\Sigma} = \alpha S = 9,3 \text{ m}^2; \quad (2)$$

$\alpha$  – коефициент на звукопоглъщане;

$S$  – площта на елемента,  $S = 310 \text{ m}^2$ ;

$T = 5,43 \text{ s}$  – не отговаря на изискването.

Изчисление за 1000 Hz.

Налага се добавяне на площи с повишено звукопоглъщане за подобряване на акустиката. Предложения:

А) Акустични завеси ( $\alpha = 0,9$ ) по едната стена на залата:

$S = 60 \text{ m}^2$ ;

$A_{\Sigma} = 54 \text{ m}^2$ ;

Б) Окачен таван – силно поглъщащ ( $\alpha = 0,7$ ) на 60 % от тавана:

$S = 45 \text{ m}^2$ ;

$A_{\Sigma} = 31,5 \text{ m}^2$ .

**Таблица 3. Изчислена еквивалентна площ на звукопоглъщане за отделните елементи**

Вид	Тип	$\alpha$	$S, \text{ m}^2$	$A_{\Sigma}, \text{ m}^2$
Таван 60 %	Окачен таван, звукопоглъщащ	0,7	45	31,5
Завеси	Акустични	0,9	60	54
Под	Гипсофазер	0,03	75	2,25
Остатък 3 стени	Гипсокартон	0,03	100	3
Остатък таван	Гипсокартон	0,03	30	0,9

След пресмятане на времето за реверберация с добавените площи с високо звукопоглъщане се получава резултат  $T = 0,55 \text{ s}$ .

С тази акустична обработка помещението отговаря на изискванията на наредба № РД-02-20-3 за тази честота. Същите изчисления се изпълняват и за останалите две честоти, изискани в наредбата.

### **3. Други параметри, отчитащи акустичните качества на зали за говор**

#### **3.1. Индекс на предаване на реч Room Acoustic Speech Transmission Index/RASTI**

Това е индикатор за разбираемост на звука, използващ следната скала за оценка в %:

- по-малко от 30 % – лоша;
- от 30 % до 45 % – слаба;
- от 45 % до 60 % – задоволителна;
- от 60 % до 75 % – добра;
- от 75 % и нагоре – отлична.

#### **3.2. Speech transmission index (STI) [5]**

C50 (индекс на предаване на речта) измерва съотношението на ранната енергия (до 50 ms след директния звук) към късната енергия (след 50 ms).

Високи стойности  $\Rightarrow$  добра разбираемост.

Ниски стойности  $\Rightarrow$  звукът е „размазан“ и трудноразбираем.

STI представя цялостната разбираемост по скала 0 – 1:

- 0,00 – 0,30  $\rightarrow$  лоша разбираемост;
- 0,30 – 0,45  $\rightarrow$  средна;
- 0,45 – 0,60  $\rightarrow$  добра;
- 0,60 – 0,75  $\rightarrow$  много добра;
- 0,75 – 1,00  $\rightarrow$  отлична.

Препоръчителни стойности за зали за говор:

Конферентни зали, класни стаи:

STI  $\geq$  0,60 (много добра разбираемост);

STI  $\geq$  0,75 (отлична разбираемост).

#### **3.3. Коэффициент на пространственост (LF – Listener Envelopment или Spatial Impression)**

Коэффициент на пространственост LF – съотношението на ненасочената звукова енергия, възприемана от слушателя, към директната звукова енергия в период от 80 ms. В акустиката LF (Lateral Fraction) се използва за измерване на пространственото възприятие на звука в зала, използва се особено при музикални и концертни пространства. В зали за говор обикновено не се търси висока пространственост, а яснота и насоченост на звука.

LF при говор:

Обикновено е по-нисък от концертните зали, за да няма „обгръщащ“ ефект, който замъглява думите.

Зали за лекции имат LF около 0,05 – 0,15, докато концертни зали за симфонична музика може да имат 0,2 – 0,35.

### 3.4. C50 – Speech Clarity Index

C50 измерва съотношението на ранната енергия (до 50 ms след директния звук) към късната енергия (след 50 ms).

Високи стойности  $\Rightarrow$  добра разбираемост.

Ниски стойности  $\Rightarrow$  звукът е „размазан“ и трудноразбираем.

Препоръчителни стойности за зали за говор:

- Конферентни зали, класни стаи:  $C50 \geq +6$  dB.
- Аудитории, лекционни зали:  $C50 \approx +6$  до  $+10$  dB.

### 3.5. Lombard ефект в зали за говор

Ломбардният ефект се изразява в неволната тенденция на говорещите да увеличават вокалните си усилия, когато говорят на силен шум, за да подобрят чуваемостта на гласа си. Тази промяна включва не само силата на звука, но и други акустични характеристики като височина, темп и продължителност на сричките. Този компенсационен ефект поддържа съотношението слухов сигнал/звук на изговорените думи на говорещия.

Причина: Когато акустиката е лоша или има висок фонов шум (вентилация, публика, техническо оборудване), говорителят инстинктивно повишава гласа си.

Значение за проектирането:

Добрата акустика и ниският шум намаляват проявлението на ефекта.

Зали с голям шумов фон (лошо шумоизолирани, с ехо) уморяват говорителите по-бързо.

Приложение: При проектиране на конференции, класни стаи – стремежът е Lombard ефектът да се сведе до минимум чрез:

- поглъщане на шума,
- правилно озвучаване,
- добра яснота на речта ( $C50 \geq 0,6$ ).

Основен приоритет е C50 (Speech Clarity Index) и STI (Speech Transmission Index), а LF се контролира индиректно чрез формата и страничните отражения.

Пример: Зали за лекции имат LF около 0,05 – 0,15, докато концертни зали за симфонична музика може да имат 0,2 – 0,35.

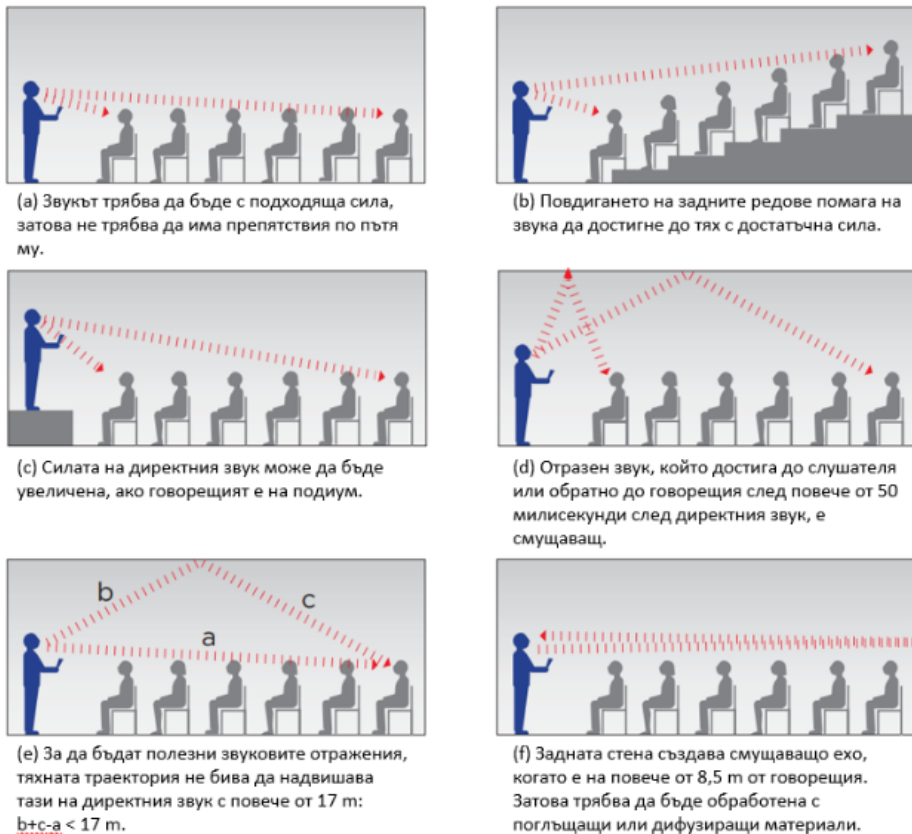
## 4. Препоръки при проектиране на акустиката на зали за говор

За качеството на учебния процес е важно учащите да чуват и разбират преподавателя. Геометрията на помещението трябва да бъде такава, че говорът на преподавателя да достига директно до слушателите по най-кратка траектория и без препятствия. Отраженията на звука могат да влошат разбираемостта на говора, ако отразеният звук достигне до слушателя след повече от 50 милисекунди след директния звук.

За да може предварително да се направят изчисления и да се направи подходящо проектиране, са необходими данни за материалите, които са получени чрез измерване в лабораторни условия. Коефициентът на звукопоглъщане се измерва в реверберационна камера, изпълняваща определени изисквания, зададени в европейски стандарт БДС EN ISO 354 [6].

Поради недостатъчното внимание на акустичната обработка на учебни помещения или неправилното поставяне на различните видове звукопоглъщащи или отразяващи повърхности може да се стигне до влошаване на акустичните качества. Поставянето на рефлектиращи материали с цел лекота на обслужване и почистване влияе изключително неблагоприятно и води до много високи стойности на времето на реверберация. Например изборът на керамични плочки за под прави почти невъзможно компенсирането на силното рефлектиране на звука на пода чрез звукопоглъщащи материали по останалите повърхности. Затова едно навременно акустично проектиране ще спомогне за намиране на най-доброто, ефективно и икономично решение, което ще осигури и комфортен акустичен микроклимат за оптимален учебен процес

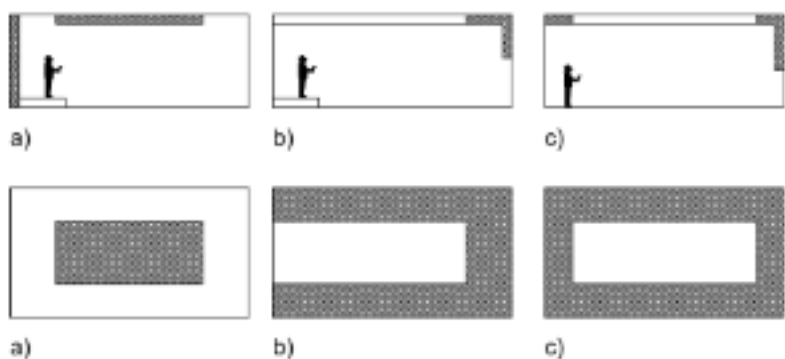
За правилното изпълнение на акустичните мерки е важна геометрията и разполагането на рефлектиращите и поглъщащите звука площи (вж. фиг. 4 и фиг. 5).



**Фиг. 4. Влияние на геометрията в помещенията за говор [7]**

Геометрията на помещението трябва да бъде такава, че говорът на преподавателя да достига директно до слушателите по най-кратка траектория и без препятствия. Отраженията на звука могат да влошат разбираемостта на говора, ако отразеният звук достигне до слушателя след повече от 50 милисекунди след директния звук.

За получаване на добра чуваемост и разбираемост при едно и също време на реверберация е необходимо правилно поставяне на звукопоглъщащите и звукоотражателните плоскости (вж. фиг. 5).



**Фиг. 5. Пример за правилно целенасочено разпределение на частични широкоспектърни звукопоглъщащи повърхности (оцветени в тъмно) на схемите *b* и *c*, докато на схема *a* е показано неблагоприятно разположение [8]**

Друг фактор, влияещ на акустичните качества на помещението, е фоновият шум.

*Пример:* Класни стаи, разположени до оживени улици или в близост до машинни помещения, могат да бъдат изложени на постоянен шум, който пречи на концентрацията. Затова се налага постигането на необходимата звукоизолация на външните стени и правилната дограма.

## **5. Измерване на времето на реверберация на учебни помещения и предложение за подобрене на акустиката**

Един от най-сигурните начини за доказване на постигнатите показатели е измерване на реалния обект, в случая учебна зала.

### **5.1. Измерване на времето на реверберация съгл. БДС EN ISO 3382-2 [10] в учебни зали в УАСГ**

За да се определи акустиката на съществуващи учебни зали, беше направено измерване на времето на реверберация по стандарт. Високото ниво на звук, приблизително еднакво за всички честоти в изследвания честотен диапазон 100 Hz – 5000 Hz, се създава аналогично на предишния експеримент и има аналогични стойности.

Използват се 2 различни разположения на звуковия източник. За всяко от тях се извършва измерване в 4 различни позиции на акустичния анализатор.

За всяка от 8-те позиции с помощта на акустичния анализатор се измерват и записват (осреднени от 3 пускания на източника) криви на затихване на звука в помещението след спиране на източника по терц октавни честоти и във времето. На снимката на фиг. 3 е показана част от техническото оборудване по време на измерване на зала 228. Получените експериментални стойности по честоти са както следва:

За учебна зала 228: 1,41 s при 500 Hz; 1,68 s при 1000 Hz и 1,49 s при 2000 Hz. За тази зала се установи, че стойностите се доближават до нормативните изисквания по наредбата [4].

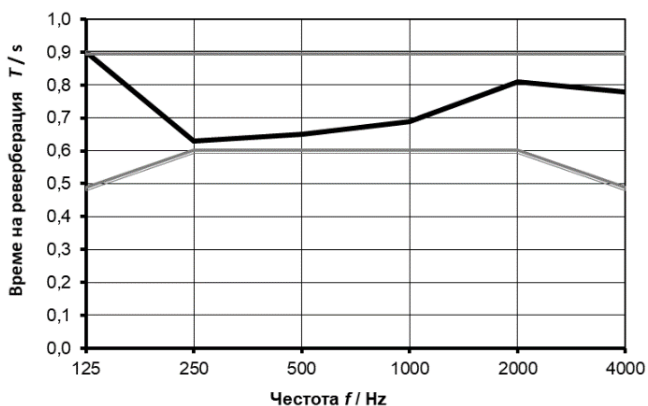


**Фиг. 6.** Снимки по време на измерванията в учебна стая 402

За учебна стая 402 резултатите от измерването са: 2,86 s при 500 Hz; 3,23 s при 1000 Hz и 2,53 s при 2000 Hz. Тези стойности далече надвишават нормативните, затова се налага акустична обработка. Тя може да е различна, но поради завършеността и скорошния ремонт се предлага едно компромисно решение.

## **5.2. Пример за акустична обработка на учебно помещение и предложения за подобрене на акустичните показатели**

Направени бяха изчисления по честоти на времето на реверберация с наложени подобрения и направеното предложение е представено по честоти на фиг. 4. Обсегът със стойности на изискванията за дадения честотен диапазон е по австрийския стандарт [9], който дава по-подробни данни.



**Фиг. 7.** Време на реверберация  $T$  в секунди на учебно помещение с размери 10/7/3,6 m – по честоти след предложени проект за акустична обработка [11]

Предложеният проект за акустична обработка се състои в добавяне на окачен таван: 50 m<sup>2</sup> перфориран ГК 8/18 mm + 20 m<sup>2</sup> ГК – D127.05.03; смяна на дървените столове с тапицирани – 20 броя. Направеното предложение за акустична обработка е примерно, като могат да се изберат и други плоскости, с които да се подобри акустиката до тези рамки, зададени нормативно като изисквания.

## 6. Заключение

Акустиката на учебни помещения е слабо засегната в образованието на строителните инженери и архитекти у нас. Това налага представяне на нужната информация при проектирането, за да се намери най-правилният и добър начин за прилагане в практиката. Постигането на подходяща обстановка за здравословен и пълноценен учебен процес и подобряването на акустичния комфорт на помещенията е важно в много аспекти. А понякога това касае дадени познания и правилното изпълнение на мерките не винаги е свързано с повече средства.

Такива помощни материали, в които се представят както нашият, така и международният опит, е важна крачка за по-нататъшното задълбочаване в тематиката.

## Благодарности

Това изследване е реализирано със съдействието на ЦНИП при УАСГ – София по договор № БН-325/25.

## БИБЛИОГРАФИЯ

1. *Ivanova, N.* Subjective Evaluation of the Acoustic Performance of Three Music Classrooms in a Bulgarian School: Compliance with Standards and Age-Based Preferences. International independent scientific journal Nr. 77, 2025, ISSN 3547-2340.
2. *Nocke, Ch.* Raumakustik im Alltag. Fraunhofer IRB Verlag, 2019, Stuttgart.
3. DIN 18041: 2016, Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen Empfehlungen und Hinweise für die Planung (Acoustic quality in rooms – specifications and instructions for the room acoustic design) (German Institute for Standardisation, Berlin).
4. Naredba № RD-02-20-3 от 21.12.2015 г. за проектиране, изпалнение и поддръжане на сгради за obshtestveno obsluzhvane v oblastta na obrazovaniето i naukata, zdraveopazvaneto, kulturata i izkustvata.
5. EN 60268-16 Sound system equipment Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index.
6. BDS EN ISO 354:2003, Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room (ISO 354:2003).
7. Acoustics of Schools: a design guide, 2015.
8. *Fasold, W., Veres, E.* Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Verlag für Bauwesen, Berlin, 2003.
9. ÖNORM B 8115-3. 2005, Schallschutz und Raumakustik im Hochbau – Teil 3: Raumakustik.

10. BDS EN ISO 3382-2:2008, Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms (ISO 3382-2:2008).

11. *Ivanova, N., Dzhambova, S. Izsledvane na normativnata baza v oblastta na akustikata na uchebni pomeshtenia v evropeyskite strani i prilozhenie u nas. // Godishnik na UASG, 2023, 56(4): 1807 – 1817.*

## ACOUSTICS OF SPEECH ROOMS

**N. Ivanova<sup>1</sup>**

*Keywords: acoustics, classrooms, educational premises, normative framework, building elements*

### ABSTRACT

In the context of architectural design in our country, the acoustic requirements for spaces intended primarily for speech remain insufficiently integrated into standard design practices, despite their widespread application in numerous public buildings. This paper addresses the fundamental principles and critical factors governing the acoustic performance of such environments. Key parameters, including reverberation time, speech transmission clarity, and spatial uniformity of the sound field, are examined in detail. Strategies for achieving optimal acoustic conditions are discussed, focusing on the selection of appropriate geometric configurations, material properties, and sound-absorptive systems. Case studies from professional practice are presented, illustrating both design methodologies and measured reverberation time data. The study concludes with a set of guidelines for the systematic design and optimization of acoustic solutions to ensure superior speech intelligibility and enhanced auditory comfort for occupants.

---

<sup>1</sup> Natalia Ivanova, Chief Assist. Dr. Eng., Dept. “Physics”, UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: [bobeva\\_fhe@uacg.bg](mailto:bobeva_fhe@uacg.bg)