

ДОКУМЕНТАЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

ИДЕНТИФИКАЦИОНИ ПОДАЦИ

Аутори решења	проф. др Зоран Петровић, проф. др Миомир Вукићевић, мр Бранко Радичевић, мр Мишо Бјелић, Александра Петровић и Слободан Тодосијевић
Назив техничког решења	РЕВЕРБЕРАЦИОНА КОМОРА
Врста техничког решења	(М83) „Ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак“
Наручилац техничког решења	Национални програм у оквиру пројекта Министарства за просвету, науку и технологију Републике Србије „Развој средстава и методологија за заштиту од буке урбаних средина“ са идентификационом ознаком ТР37020.
Година израде решења	2012
Решење прихватио	Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.
Решење реализовао	Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.
Начин верификације	Експериментално мерење карактеристика реверберационе коморе
Начин примене	Корисник техничког решења мери времена реверберације при постављању различитих материјала у реверберациону комору и на тај начин одређује апсорпционе карактеристике материјала. Такође, може се вршити калибрација звучних уређаја.

ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

1. ОБЛАСТ НА КОЈУ СЕ ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ ОДНОСИ

Добра акустика неког амбијента одликује се, између осталог, добром разумљивошћу говора у њему и довољном заштитом од нежељених или узнемиравајућих звукова из окружења. Такав амбијент даје осећаје комфора и приватности. Материјали и структуре примењене у грађевинским конструкцијама имају велики утицај на квалитет акустике нашег животног и радног окружења.

Темељна знања о акустичком квалитету материјала и конструкција есенцијална су за дизајн доброг акустичког окружења, да би се могли међусобно поредити различити производи и конструкције, и као поуздана полазна тачка за прорачун акустичког квалитета који се може очекивати у реалним околностима.

Лабораторија за акустику располаже са методама и опремом за утврђивање акустичких перформанси у складу са (интер)националним методама. Таква је и реверберациона комора на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву. Област на коју се односи техничко решење написано за ову реверберациону комору је акустика.

2. ПРОБЛЕМ КОЈИ СЕ РЕШАВА

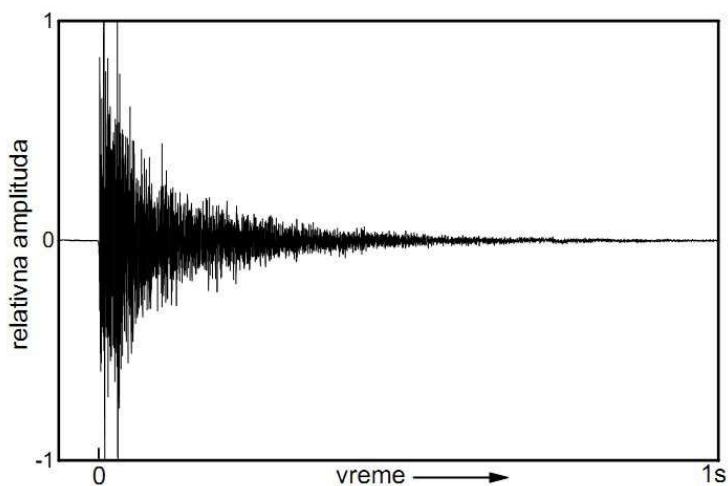
Реверберационе просторије се уобичајено користе за одређивање коефицијента апсорпције материјала и за одређивање изолационе моћи преграда код којих се захтева постојање дифузног хомогеног звучног поља у суседним просторијама. На основу резултата оваквих испитивања могу се анализирати могућности примене различитих врста материјала за израду звучних апсорбера. Процедура мерења коефицијента апсорпције материјала се одвија према утврђеним стандардима, па је због тога потребно да и просторија у којој се врши испитивање задовољи одређене захтеве, који су такође дефинисани стандардима.

Реверберациона просторија се конструише тако да нема паралелних зидова и акустички је обрађена високорефлектујућим материјалима. На тај начин се обезбеђује да у просторији постоји веома велики број рефлектујућих таласа, који доприносе да звучно поље буде потпуно дифузно и хомогено, односно да ниво звука у просторији буде исти у свим тачкама. Скоро комплетна енергија која допире до зидова просторије се рефлектује, а само мали део енергије се апсорбује, што омогућава веома дуго одржавање енергије звука, тако да је време реверберације оваквих просторија веома велико.

3. СТАЊЕ РЕШЕНОСТИ ПРОБЛЕМА У СВЕТУ И У СРБИЈИ

Просторија се у акустици уобичајено посматра као преносни систем који се описује његовим импулсним одзивом. Пошто просторије представљају тродимензионалне геометријске форме, импулсни одзив у њима је дефинисан просторним координатама две релевантне тачке. То су место побуде, где се у просторном смислу појављује улазни акустички сигнал, и место пријема, на коме се налази слушалац или микрофон као сензор звучног притиска, односно пријемник звучних информација. Сваки могући пар ових тачака у просторији дефинише својствен импулсни одзив.

Коначна брзина простирања звука, чак њена релативно мала вредност (≈ 340 m/s), чини да је импулсни одзив у просторијама, по правилу, релативно развучен у времену. На слици 1 приказан је изглед импулсног одзива једне просечне просторије. Види се карактеристичан, приближно експоненцијални ток опадања његове обвојнице у времену.

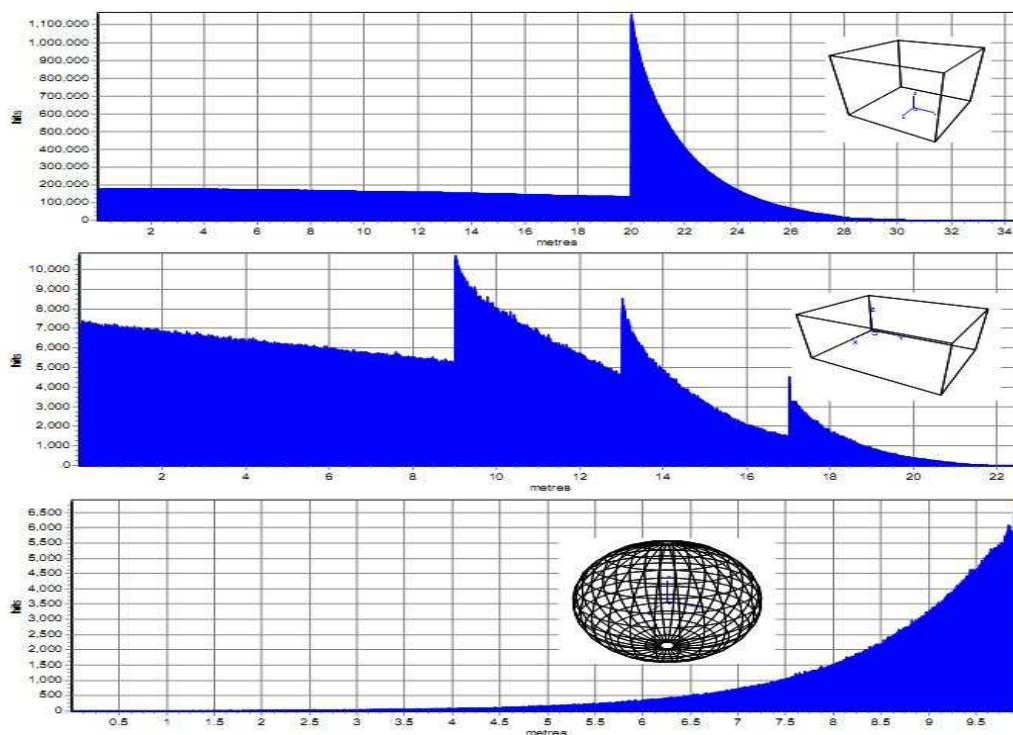


Слика 1 Пример импулсног одзива једне реалне просторије

Овај карактеристичан изглед импулсног одзива просторије последица је специфичног физичког процеса који се јавља у затвореним просторима након побуде звучном енергијом, и који се назива реверберација. Може се рећи да је реверберација физички феномен који доминантно карактерише акустички одзив просторије као преносног система.

Модерна теорија акустике просторија, која настоји да се што прецизније квантитативно опише звучно поље у затвореном простору, практично почиње са Сабином почетком прошлог века. Он је звучно поље у просторији описао параметром који је назвао *време реверберације*. Његова вредност на специфичан начин показује брзину опадања обвојнице импулсног одзива просторије у времену. Тако дефинисано, време реверберације представља глобални параметар којим се описује потенцијал просторије у околностима када се у њој појави звучна побуда. Овај параметар, као и једноставна формула за његово израчунавање, остали су све до данас полазна тачка за оцене стања у акустичком дизајну просторија.

Анализом акустичког одзива у затвореном простору, дошло се до најповољнијег геометријског облика који омогућава утврђивање времена реверберације. У постизању овог циља коришћене су две методе: мерења на реалним моделима просторија различитих геометријских форми у којима су задовољени почетни услови за постизање дифузног и хомогеног звучног поља, и анализом расподеле слободних путања на великом броју софтверских модела, како елементарних геометријских форми и њихових варијација, тако и на примерима реланих сала.

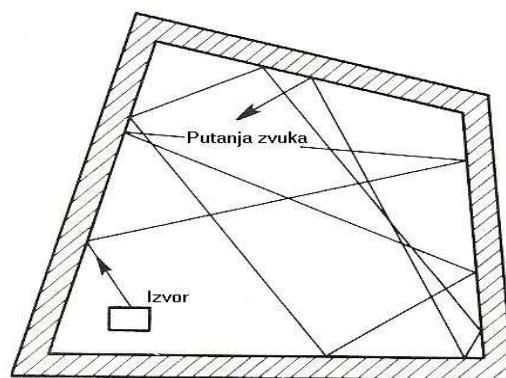


Слика 2 Расподела дужина слободних путања између сукцесивних рефлексија за неке карактеристичне геометријске облике просторија

Симулацијом су обухваћени модели са различитим степеном остварене дифузности звучног поља, која се оставарује увођењем од потпуно правилних рефлексија до потпуно дифузних рефлексија. Показано је да је неопходно расподелу слободних путања посматрати као фреквенцијски зависну величину. Праћење промена расподела слободних путања у функцији различитог степена дифузности рефлексија може се посматрати и као праћење промена у структури поља на различитим фреквенцијама.

3.1. ДИФУЗНО ЗВУЧНО ПОЉЕ И ГЕОМЕТРИЈСКИ МОДЕЛ

Моделовање процеса реверберације директно се ослања на концепт дифузног звучног поља, па су дифузно поље и реверберациона теорија међусобно повезане. Концепт дифузног поља је базиран на две полазне хипотезе: да је густина звучне енергије униформна по простору у коме постоји звучно поље, и да је просторна дистрибуција протока енергије у свим тачкама поља такође униформна. У практичним околностима ови захтеви су испуњени само апроксимативно, а потпуно дифузно поље се остварује само у посебним лабораторијским просторијама које се називају реверберационе коморе. Због тога се између израчунатих и измерених вредности времена реверберације уобичајено јављају мања или већа одступања.



Слика 3 - Препоручени изглед реверберационе коморе

Да би се обезбедило равномерно звучно поље потребно је да у идеалном поред потребног облика буде задовољен и однос димензија коморе $1:\sqrt[3]{2}:\sqrt[4]{2}$. Оваквим односом страница спречава се појава интерференције таласа.

4. КОНЦЕПЦИЈА ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Почетак коришћења физичких модела у акустици везивао се искључиво за акустички дизајн имајући за циљ да олакша рад у тој области и омогући брз увид у звучно поље просторије и евентуалне интервенције. Усавршавање лабораторијске опреме је омогућило да ова софистицирана метода нађе примену и у научним истраживањима из области акустике. Физички модели се у том контексту користе за проучавање разних акустичких феномена као што су време реверберације и усмереност звучног извора, али и за мерење коефицијента дифузности и апсорпције материјала.

Употреба физичког модела у акустици била је готово напуштена са појавом рачунарских симулација. Време и новац потребни за његову израду играли су пресудну улогу. Захваљући чињеници да се софтверским моделвањем не добијају увек поуздани резултати, због концепта геометријске акустике која са собом повлачи бројне претпоставке, физичко моделовање се вратило акустичком дизајну и научном истраживању.

Остваривање задатих временских облика импулсног одзива јесте основни инжењерски задатак у дизајну који има за циљ остваривање пожељног акустичког квалитета просторије. Ако се примени математичка терминологија, онда би глобални ток одзива био потребан услов, а фина временска и просторна расподела рефлексја довољан услов за остваривање жељеног акустичког квалитета просторије. Време реверберације као једнобројни квантификатор облика обвојнице импулсног одзива говори о општем току кретања звучне енергије, а сви остали феномени чине да се у детаљима или на микроплану тај ток мења.

Ако се импулсни одзив посматра као ансамбл временски дистрибуираних рефлексја које стижу у тачку пријема, онда је за сваку појединачну компоненту тог ансамбла релевантан геометријски положај површина у просторији које су учествовале у њеном формирању. На структуру импулсног одзива просторије њена геометрија утиче на микроплану и макроплану. На макроплану тај утицај се остварује преко саме геометријске форме акустички активне запремине у којој се при побуди успоставља звучно поље. Глобалне геометријске карактеристике, величина запремине и унутрашње површине, утичу на укупан ток криве опадања обвојнице импулсног одзива, па промена геометријског облика и при истом волумену проузрокује промене структуре импулсног одзива. На микроплану геометрија просторије утиче на структуру импулсног одзива кроз ефекте који се јављају

на геометријским облицима граничних површина, јер од њих зависе законитости по којима се одвијају процеси рефлексije звука. За обим утицаја на микроплану релевантан је однос геометрије граничних површина, њихових димензија, и величине таласне дужине звука.

Посматрање реалних просторија и мерење акустичких одзива у њима, са једне стране, и рачунарска симулација на софтверским моделима са могућношћу варијација у погледу начина на који долази до рефлексija, са друге, остварени су услови да се геометријски облик просторије издвоји као независан фактор који утиче на њен акустички одзив. Такав приступ такође омогућава и анализу граница у којима он утиче на варијабилност акустичког одзива.

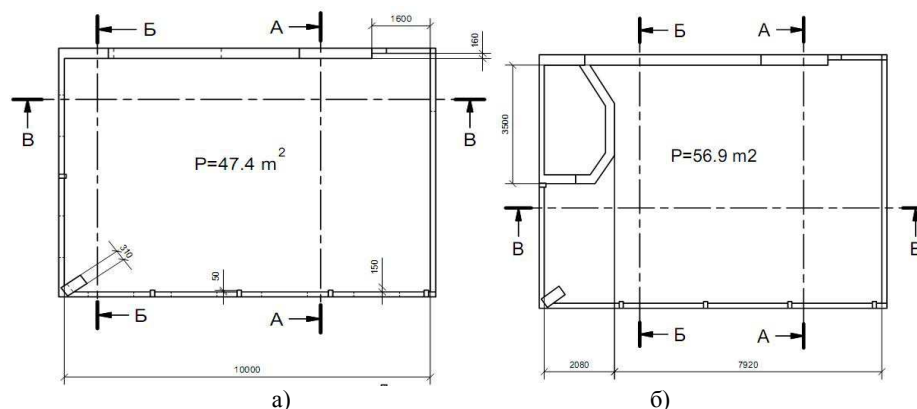
Упоредо са временом реверберације, практично под истим полазним претпоставкама, у оквиру теорије дифузности, дефинисан је још један глобални параметар, *средња дужина слободног пута*. По својој основној дефиницији и изразу који важи за дифузно поље она зависи искључиво од геометријских параметара просторије.

Тек развојем софистицираних модела за рачунарску симулацију звучног поља и увећањем техничких могућности рачунара у области геометријске акустике крајем прошлог века омогућена је анализа слободних путања и у веома сложеним формама простора који се у пракси јављају. Осим средње вредности слободних путања звучних зрака омогућен је увид и у њену расподелу чије су карактеристике директно везане за сам облик простора.

Расподела слободних путања индиректно говори и о расподелама углова под којим долази до рефлексija што директно утиче на средња апсорпциона својства акустичке обраде.

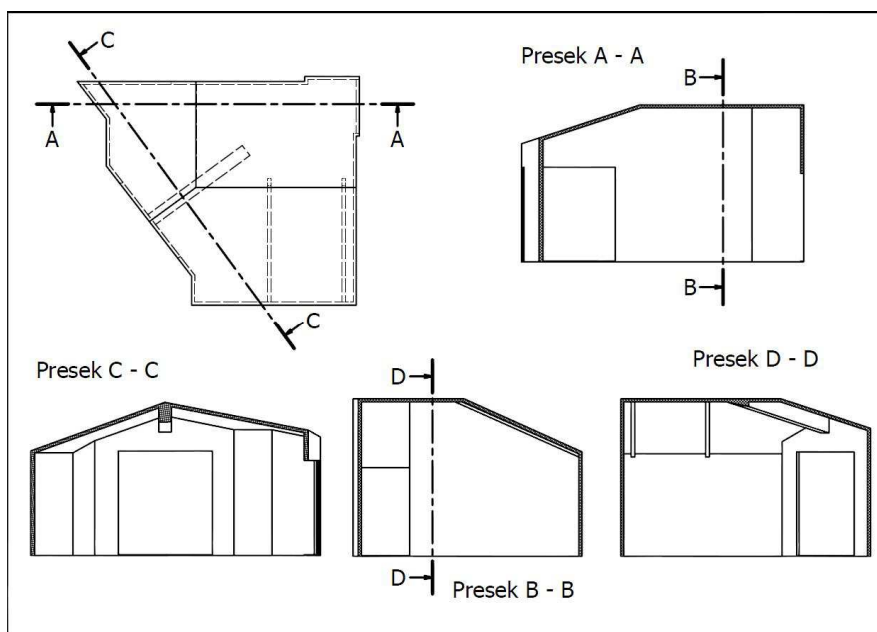
5. ДЕТАЉАН ОПИС ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

За израду реверберационе коморе је одређен простор у делу западног крила Факултета за машинство и грађевинарство Краљеву, који је предвиђен за изградњу лабораторија, приказан на слици 4а.



Слика 4 Основа реверберационе коморе а) Првобитно стање; б) Командна соба

Да би се просторији дао потребан облик, извршени су грађевински радови којима је модификована таваница, затворени прозори, постављена клизна врата, а изграђена је и командна просторија (слика 4б) из које ће се управљати акустичким мерењима. Након тога је извршена акустичка изолација подова и зидова, чиме је умање ниво позадинске буке у просторији. Тако се дошло до стања чији су нацрти приказани на слици 5, тродимензионалног модела на слици 6 и фотографија на слици 7.



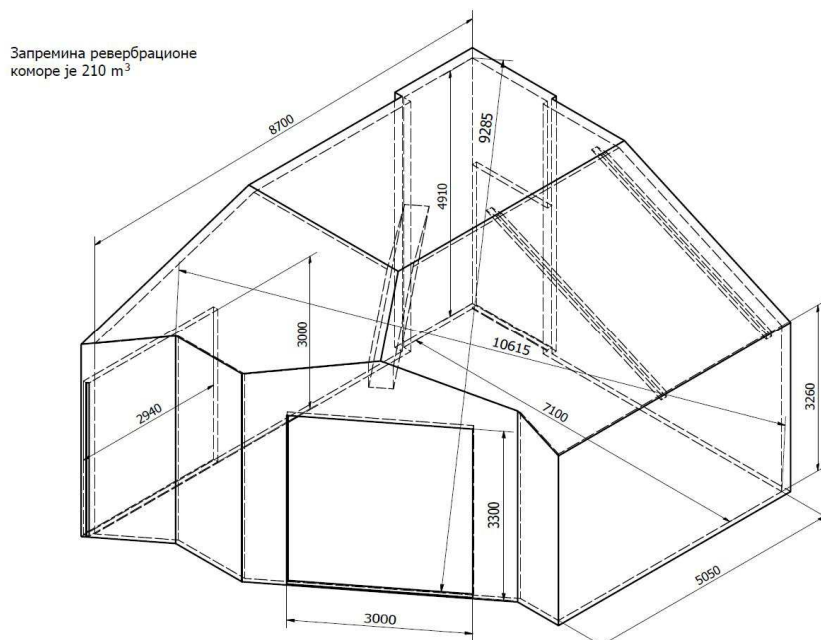
Слика 5 Пресеци садашњег стања реверберационе коморе

Завршни радови на реверберационој комори представљали су монтажу индустријске плуте којом се омогућила потпуна звучна изолација коморе, као и рефлексионих панела на зидовима и таваници просторије који су омогућили повећање реверберационог времена.

5.1. РЕЗУЛТАТИ МЕРЕЊА ВРЕМЕНА РЕВЕРБАЦИЈЕ У КОМОРИ

У циљу одређивања тренутног стања реверберационе коморе, извршена су провизорна мерења времена реверберације. Поступак мерења се одвијао тако што је комора побуђена звучним извором, а микрофоном (Brüel & Kjaer Type 4188) је регистрован ниво звука, затим је сигнал прослеђен до аквизиционе картице (Brüel & Kjaer 3560-B-120) којом је извршена дигитализација сигнала. Помоћу програма PULSE Data Recorder сигнал је записан на рачунар, а затим је уследила процедура рачунања времена реверберације у софтверском пакету Matlab 7.12.0(R2011a).

Комора је побуђена импулсним сигналом који је генерисан пуцањем балона и бацањем петарде. Извршен је низ мерења, на различитим местима у реверберационој комори и добијен је коначни резултат који представља средњу вредност измерених резултата. Приликом мерења услови у комори су били: 21% влажност ваздуха и 23.3 °C је била температура.



Слика 6 Трострумензионални модел садашњег стања ревербрационе коморе

За рачунање времена реверберације коришћен је софтверски пакет Matlab у коме је развијен код који прати основну процедуру мерења по стандарду. Код је базиран тако да прво филтрира сигнал по терцама (20 Hz-20 kHz). Филтрирани сигнал се затим нормализује, па усредњава са преклапањем како би се минимизирао утицај брзих промена. Пошто је време реверберације дефинисано као време потребно да ниво сигнала опадне за 60 dB након искључења побуде, посматрана је промена нивоа филтрираног сигнала са временом. На слици 8 приказана је промена нивоа сигнала филтрираног терцним опсегом по октавама, као и ново сигнала који није филтриран по фреквенцији, већ само његов временски одзив.

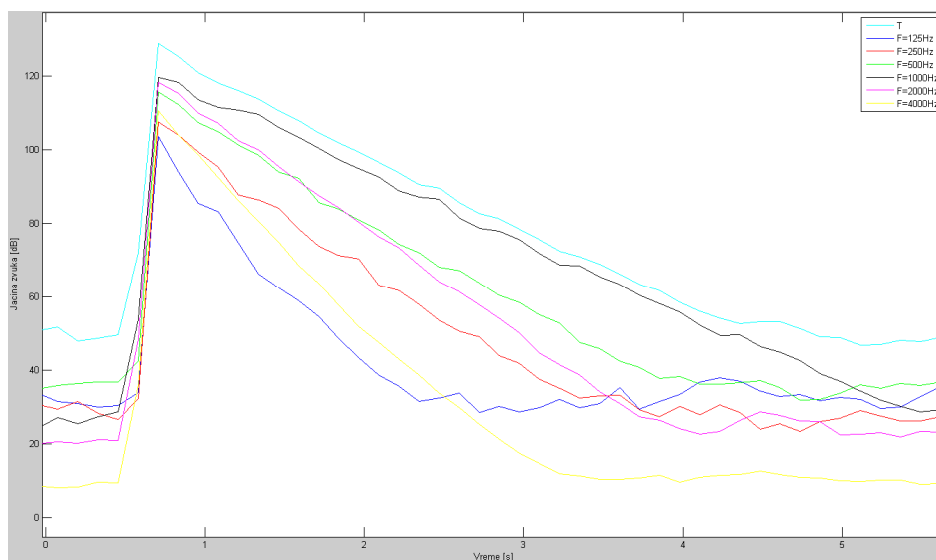


Слика 7 Ревербрациона комора, поглед према западу (лево), према истоку (десно)

Вредности времена реверберације добијена експериментално у ревербрационој комори су:

[Hz]	T	125	250	500	1000	2000	4000
[s]		2.75	1.30	1.93	2.36	3.01	2.23

Полазна претпоставка да геометријска форма сама по себи значајно утиче на глобалне, а самим тим и остале параметре којима се описују акустички одзиви у звучном пољу је верификована мерењима. Облик обвојнице звучног притиска након максималне вредности звучног извора, у потпуности одговара теоретским моделима. Овакви резултати наводе на закључак да су геометријски облик и односи страница реверберационе коморе правилно одабрани.



Слика 8 Временски одзив и времена реверберације по октавама

6. НАЧИН РЕАЛИЗАЦИЈЕ И МЕСТО ПРИМЕНЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Техничко решење је реализовано у оквиру пројекта Министарства за просвету, науку и технологију Републике Србије „Развој средстава и методологија за заштиту од буке урбаних средина“ са идентификационом ознаком ТР37020. Руководилац пројекта је проф. др Златан Шошкић. Техничко решење је реализовано 2012. године.

7. МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ ТЕХНИЧКОГ РЕШЕЊА

Техничко решење је урађено да задовољава како стандарде прописане на територији Републике Србије тако и међународне стандарде. Може се примењивати за испитивање акустике у грађевинарству и у акустичком дизајну просторија. Такође, одређује акустичке карактеристике материјала.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Душица Лекић, Мерење коефицијената дифузности рефлексивности, Инфотех-Јахорина Вол 9, реф. Ф-13, п. 1051-1055, Март 2010.
- [2] ИСО 17497-1: "Акустика-скетеринг особине површина"-Први део: "Мерење коефицијента дифузности рефлексивности при произвољној инцидентности у реверберационој комори", 2004.
- [3] Мирјана Аднађевић, "Мерење коефицијената апсорције материјала у физичком моделу реверберационе коморе", Телекомуникациони форум ТЕЛФОР 2009.
- [4] Миомир Прашчевић, Драган Цветковић, "Бука у животној средини", Факултет заштите на раду у Нишу, Ниш, 2009
- [5] М. Мијић, Д. Шумарац Павловић, "20 година традиције у употреби физичких модела у акустичком пројектовању и истраживању у Лабораторији за акустику ЕТФ", ТЕЛФОР 2007, Београд, 2007.
- [6] L. Beranek, "Acoustical modeling as a tool in problem solving", JAES, Vol.17.No.2 p.151-155 (1969)
- [7] Д. Шумарац Павловић, М. Петровић, "Утицај опште дифузности на одзив у просторији", ТЕЛФОР 2009, Београд, 2009.

ПРИЛОЗИ

1. Одлука о именовању рецензената
2. Мишљење рецензената
3. Мишљење корисника техничког решења
4. Одлука о прихватању техничког решења

Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву
Универзитета у Крагујевцу
Број: 1346/18
Краљево, 28. 12 2012. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије" број 38/2008) и члана 78. Статута Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Наставно научно веће на седници одржаној 28. 12 2012. године донело је

ОДЛУКУ

1. За рецензенте техничког решења "РЕВЕРБЕРАЦИОНА КОМОРА" аутора проф др Зорана Петровића, проф др Миомира Вукићевића, мр Бранка Радичевића, Слободана Тодосијевића, мр Мише Бјелића и Александре Петровић именују се:
 - др Милосав Огњановић редовни професор Машинског факултета из Београда;
 - др Драган Цветковић редовни професор Факултета за заштиту на раду из Ниша.



др Миломир Гашић, ред.проф.

ДОСТАВИТИ:

- проф др Милосаву Огњановићу;
- проф др Драгану Цветковићу ;
- архиви.

Факултет за машинство и грађевинарство
у Краљеву

Универзитета у Крагујевцу,

Број: 65

Датум: 21.01.2015. год.

Краљево, Доситејева 19.

Датум: 14.01.2013. год.

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008,) рецензент **проф. др Милосав Огњановић** оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: РЕВЕРБЕРАЦИОНА КОМОРА

Аутори: проф. др Зоран Петровић, проф. др Миомир Вукићевић, мр Бранко Радичевић, мр Мишо Бјелић, Александра Петровић и Слободан Тодосијевић

Категорија техничког решења: (M83) „Ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак”

Образложење

Предложено решење урађено је за:

Национални програм у оквиру пројекта Министарства за просвету, науку и технологију Републике Србије „Развој средстава и методологија за заштиту од буке урбаних средина“ са идентификационом ознаком TP37020. Руководилац пројекта: проф. др Златан Шошкић.

Субјект који решење користи је:

Факултет за машинство и грађевинарство Краљево, Универзитет у Крагујевцу. Предложено решење је урађено: 2012. год.

Субјект који је решење прихватио и примењује:

Факултет за машинство и грађевинарство Краљево, Универзитет у Крагујевцу.

Резултати су верификовани на следећи начин, тј. од стране следећих тела:

Верификацију је извела екипа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, тестирањем модела у реалним условима.

Предложено решење се користи на следећи начин:

Корисник техничког решења мери времена реверберације при постављању различитих материјала у реверберациону комору и на тај начин одређује апсорпционе карактеристике материјала. Такође, може се вршити калибрација звучних уређаја.

Област на коју се техничко решење односи је:

Акустика.

Проблем који се техничким решењем решава:

Техничким решењем се врши одређивање коефицијента апсорпције разних материјала и на тај начин се решава проблем звучности у просторијама и њен акустички дизајн.

Стање решености тог проблема у свету:

Модерна теорија акустике просторија, која настоји да се што прецизније квантитативно опише звучно поље у затвореном простору, практично почиње са Сабином почетком прошлог века. Он је звучно поље у просторији описао параметром који је назвао време реверберације. Његова вредност на специфичан начин показује брзину опадања обвојнице импулсног одзива просторије у времену. Тако дефинисано, време реверберације представља глобални параметар којим се описује потенцијал просторије у околностима када се у њој појави звучна побуда. Овај параметар, као и једноставна формула за његово израчунавање, остали су све до данас полазна тачка за оцене стања у акустичком дизајну просторија.

Суштина техничког решења:

Остваривање задатих временских облика импулсног одзива јесте основни инжењерски задатак у дизајну који има за циљ остваривање пожељног акустичког квалитета просторије. Ако се примени математичка терминологија, онда би глобални ток одзива био потребан услов, а фина временска и просторна расподела рефлексија довољан услов за остваривање жељеног акустичког квалитета просторије. Време реверберације као једнобројни квантификатор облика обвојнице импулсног одзива говори о општем току кретања звучне енергије, а сви остали феномени чине да се у детаљима или на микроплану тај ток мења.

Карактеристике предложеног техничког решења су следеће:

- Запремина реверберационе коморе 210m³
- Време реверберације временског сигнала 2.75s

Октаве	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Време реверберације по октавама	1,30s	1,93s	2,36s	3,01s	2,23s	1,54s

Могућности примене предложеног решења:

Техничко решење је урађено да задовољава како стандарде прописане на територији Републике Србије тако и међународне стандарде. Може се примењивати за испитивање акустике у грађевинарству и у акустичком дизајну просторија. Такође, одређује акустичке карактеристике материјала.

На основу свега наведеног као рецензент оцењујем да резултат научноистраживачког рада под називом: „Реверберациона комора” представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос и по важећим критеријумима може се сврстати у категорију M83

Рецензент



Проф. др Милосав Огњановић
Машински факултет Универзитета у Београду

Факултет за машинство и грађевинарство
у Краљеву

Универзитета у Крагујевцу,

Број: 65

Датум: 21. 01. 2013. год.

Краљево, Доситејева 19.

Датум: 14.01.2013. год.

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама *Правилника о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача*, који је донео Национални савет за научни и технолошки развој Републике Србије («Службени гласник РС», бр. 38/2008,) рецензент **проф. др Драган Цветковић** оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив: РЕВЕРБЕРАЦИОНА КОМОРА

Аутори: проф. др Зоран Петровић, проф. др Миомир Вукићевић, мр Бранко Радичевић, мр Мишо Бјелић, Александра Петровић и Слободан Тодосијевић

Категорија техничког решења: (M83), „Ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак”

Образложење

Предложено решење урађено је за:

Национални програм у оквиру пројекта Министарства за просвету, науку и технологију Републике Србије „Развој средстава и методологија за заштиту од буке урбаних средина“ са идентификационом ознаком TP37020. Руководилац пројекта: проф. др Златан Шошкић.

Субјект који решење користи је:

Факултет за машинство и грађевинарство Краљево, Универзитет у Крагујевцу. Предложено решење је урађено: 2012.год.

Субјект који је решење прихватио и примењује:

Факултет за машинство и грађевинарство Краљево, Универзитет у Крагујевцу.

Резултати су верификовани на следећи начин, тј. од стране следећих тела:

Верификацију је извела екипа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, тестирањем модела у реалним условима.

Предложено решење се користи на следећи начин:

Корисник техничког решења мери времена реверберације при постављању различитих материјала у реверберациону комору и на тај начин одређује апсорпционе карактеристике материјала. Такође, може се вршити калибрација звучних уређаја.

Област на коју се техничко решење односи је:

Акустика.

Проблем који се техничким решењем решава:

Техничким решењем се врши одређивање коефицијента апсорпције разних материјала и на тај начин се решава проблем звучности у просторијама и њен акустички дизајн.

Стање решености тог проблема у свету:

Модерна теорија акустике просторија, која настоји да се што прецизније квантитативно опише звучно поље у затвореном простору, практично почиње са Сабином почетком прошлог века. Он је звучно поље у просторији описао параметром који је назвао време реверберације. Његова вредност на специфичан начин показује брзину опадања обвојнице импулсног одзива просторије у времену. Тако дефинисано, време реверберације представља глобални параметар којим се описује потенцијал просторије у околностима када се у њој појави звучна побуда. Овај параметар, као и једноставна формула за његово израчунавање, остали су све до данас полазна тачка за оцене стања у акустичком дизајну просторија.

Суштина техничког решења:

Остваривање задатих временских облика импулсног одзива јесте основни инжењерски задатак у дизајну који има за циљ остваривање пожељног акустичког квалитета просторије. Ако се примени математичка терминологија, онда би глобални ток одзива био потребан услов, а фина временска и просторна расподела рефлексија довољан услов за остваривање жељеног акустичког квалитета просторије. Време реверберације као једнобројни квантификатор облика обвојнице импулсног одзива говори о општем току кретања звучне енергије, а сви остали феномени чине да се у детаљима или на микроплану тај ток мења.

Карактеристике предложеног техничког решења су следеће:

- Запремина реверберационе коморе 210m^3
- Време реверберације временског сигнала 2.75s

Октаве	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz
Време реверберације по октавама	1,30s	1,93s	2,36s	3.01s	2,23s	1,54s

Могућности примене предложеног решења:

Техничко решење је урађено да задовољава како стандарде прописане на територији Републике Србије тако и међународне стандарде. Може се примењивати за испитивање акустике у грађевинарству и у акустичком дизајну просторија. Такође, одређује акустичке карактеристике материјала.

На основу свега наведеног као рецензент оцењујем да резултат научноистраживачког рада под називом: „Реверберациона комора” представља научни резултат који поред стручне компоненте пружа оригинални научноистраживачки допринос и по важећим критеријумима може се сврстати у категорију М83.

Рецензент

Проф. др Драган Цветковић

Факултет заштите на раду у Нишу

Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Универзитета у Крагујевцу

Број: 108/11

Краљево, 30. 01 2013. године

На основу Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије" број 38/2008) и члана 78. Статута Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Наставно научно веће након разматрања техничког решења **"РЕВЕРБЕРАЦИОНА КОМОРА"** на седници одржаној 30. 01 2013. године донело је

ОДЛУКУ

1. Усвајају се позитивне рецензије др Милосава Огњановића редовног професора Машинског факултета из Београда и др Драгана Цветковића редовног професора Факултета за заштиту на раду из Ниша техничког решења **"РЕВЕРБЕРАЦИОНА КОМОРА"** аутора проф др Зорана Петровића, проф др Миомира Вукићевића, мр Бранка Радичевића, мр Мише Бјелића, Александра Петровић и Слободана Тодосијевића истраживача приправника.
2. Техничко решење представља научно истраживачки допринос у оквиру пројекта „Развој средстава и методологија за заштиту од буке урбаних средина“ идентификационом ознаком пројекта ТР – 37020 и припада класи **М83** према класификацији из Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача ("Службени гласник Републике Србије" број 38/2008).



др Миломир Гашић, ред.проф.

ДОСТАВИТИ:

- ауторима техничког решења;
- архиви.