

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Стефана Димитријевића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5050/11-1 од 14.12.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Стефана Димитријевића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Карактеризација специфичних извора буке у урбаној средини и методе заштите“ (енгл. „*Characterization of specific noise sources in an urban environment and protection methods*“).

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Рођен је 15. јануара 1987. године. Основну школу и гимназију математичког смера завршио је у Вршцу. Дипломирао је 2009. године на основним академским студијама Електротехничког факултета у Београду, Одсек за сигнале и системе, са просечном оценом 9.02. Био је стипендиста Фонда за младе таленте током последње године основних академских студија. Мастер академске студије на модулу Аудио и видео комуникације завршио је 2011. године са просечном оценом 9.83. Тема мастер рада је била „Испитивање комуналне буке у Београду“, а ментор рада био је проф др Миомир Мијић. Докторске студије је уписао 2011. године на Електротехничком факултету у Београду, модул Телекомуникације, и положио све испите предвиђене програмом.

Након завршетка основних и мастер академских студија запошљава се на Високој школи електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду као асистент на смеру Аудио и видео технологије. Од 2016. године запослен је као консултант за област акустике у фирми „*Structor Akustik AB*“ у Стокхолму, Шведска, где се бави индустријском и буком саобраћаја, заштитом од буке и вибрација, грађевинском акустиком и акустиком просторија.

Од 2013. до 2016. године, током рада у Високој школи електротехнике и рачунарства, учествовао је у ТЕМПУС пројекту „Развој високог образовања и друштва стварањем кооперативног окружења у области уметности и медија кроз регионалну студентску сарадњу у продукцији аудио-видео садржаја“. У току свог рада у Шведској учествовао је у

међународном пројекту *DENORMS* у коме су истраживане карактеристике специјалног типа звучне баријере „*Sonic Crystals*“.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Област у којој се кандидат Стефан Димитријевић специјализовао у току свог досадашњег рада је карактеризација различитих типова звучних извора, прорачун њиховог утицаја на околину и предлог метода заштите.

Први резултати истраживачког рада у области утицаја извора саобраћајне буке на околину су приказани у његовом мастер раду под називом „Испитивање комуналне буке у Београду“ који је одбранио 2011. године на Електротехничком факултету у Београду. У раду је приказан резултат мониторинга буке на различитим локацијама у Београду добијем применом наменски прављеног софтвера и хардвера.

Последњих пар година, кандидат се бавио карактеризацијом индустријских звучних извора, као и карактеризацијом и прорачуном буке теретних и путничких бродова. Такође, кандидат је у сарадњи са Лабораторијом за акустику Електротехничког факултета у Београду, а као наставак сарадње са Секретаријатом за заштиту животне средине Београда, учествовао у низу мерења буке ноћних клубова. Кандидат је учествовао као истраживач у *DENORMS* међународном пројекту, у коме је у оквиру сарадње Лабораторије за акустику Електротехничког факултета у Београду са Универзитетом *UPV* из Валенсије, Шпанија, и консултантске фирме *Structor Akustik AB* из Стокхолма, Шведска, развијен наменски систем за *in-situ* мерење карактеристика звучних баријера.

На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 545/2 од 13.3.2012. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2011/2012, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

За предложену тему докторске дисертације релевантни су следећи радови кандидата:

На међународним конференцијама

1. S. Dimitrijević, Z. Đorđević, *Acoustic Simulation of the Serbian Orthodox Church Lazarica*, TAKTONS, novembar 2015, Novi Sad
2. S. Dimitrijević, D. Novković, *Analysis of the distribution of sound pressure in the case of excitation with DML “in-ceiling” sound system*, TAKTONS, novembar 2015, Novi Sad
3. S. Dimitrijević, D. Novković, *Analysis of DML Sound Reinforcement Systems Behavior in Large Concert Halls*, AES, maj 2015, Varšava

На домаћим конференцијама

1. S. Dimitrijević, M. Mijić, *Merenje akustičkih karakteristika zvučnih barijera primenom EN 1793-6 in-situ metode*, ETRAN, jun 2017, Kladovo
2. S. Dimitrijević, M. Mijić, *Analiza primenljivosti postojećih standarda za određivanje zvučne snage izvora u oceni buke noćnih klubova na vodi*, ETRAN, jun 2016, Zlatibor
3. S. Dimitrijević, *Uticaj promene položaja predavača na objektivnu razumljivost govora*, ETRAN, jun 2015, Srebrno jezero
4. S. Dimitrijević, *Uticaj prisustva publike na parametar LF*, ETRAN, jun 2013, Zlatibor
5. S. Dimitrijević, Đ. Grozdić, *Poređenje izmerenih nivoa zvuka u prostoriji korišćenjem klasične i swept-sine metode*, TELFOR, Beograd, mart 2012
6. S. Dimitrijević, D. Mašović, Đ. Grozdić, *Realizacija softvera za merenje i analizu zvučne izolacije*, INFOTEN, Jahorina, mart 2011

Кандидат је дана 28.12.2018. године пред комисијом у саставу др Драгана Шумарац Павловић, редовни професор Електротехничког факултета у Београду, др Љиљана Брајовић, ванредни професор Грађевинског факултета у Београду, и др Јован Цветић, редовни професор Електротехнички факултет у Београду успешно одбранио предложену тему за докторску дисертацију.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила све претходно наведене резултате досадашњег рада и стечена искуства кандидата Стефана Димитријевића. На основу тога Комисија је стекла увид у способности кандидата за научно-истраживачки рад и његове могућности да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити приказани и оцењени од стране међународне научне заједнице. Став Комисије је да Стефан Димитријевић испуњава потребне услове да приступи изради докторске дисертације под наведеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

Бука је по дефиницији сваки нежељени звук. Последице његовог присуства у окружењу је узнемиравање, па чак и угрожавање здравља уколико излагање траје предуго. Бука је превасходно својствена урбаној средини у којој у многим случајевима нема одговарајућег решења за заштиту. Извештај Светске здравствене организације из 2011. године показује да је најмање милион становника западне Европе угрожено буком саобраћаја. Иако најраспрострањенији, извори саобраћајне буке представљају само једну од могућих врста буке у урбаном окружењу и могу се сврстати у групу стандардних извора. Сви остали типови извора буке се могу сматрати специфичним, као на пример различити индустријски извори буке, бродови, установе забаве, ноћни клубови и други. Неки до њих управо су карактеристични за урбану средину Београда.

Карактеризација наведених специфичних звучних извора и прорачун њиховог утицаја на околину другачији су од случаја стандардних извора буке као што је саобраћај, првенствено због различитог спектралног садржаја њиховог звука који је најчешће изражен у опсегу врло ниских фреквенција. Наиме, за анализу утицаја одређеног извора

буке на околину и за дизајн мера заштите користе се софтверски алати којим се моделује пропагација звука. Основни улазни параметар у њима је звучна снага извора буке. Звучну снагу је могуће одредити мерењем звучног притиска или интензитета звука применом одговарајућих мерних процедура. Те процедуре су најчешће дефинисане одговарајућим међународним стандардима (ISO) који се разликују по својој прецизности, типу звучних извора за које су намењени, окружењу у којем се примењују, начину приказа вредности звучне снаге извора и слично. Такође, карактеризација звучних извора је фреквенцијски зависан проблем па се избор мерне методе мора заснивати и на прилагођености спектралном садржају анализиране буке.

Одређивање звучне снаге на ниским фреквенцијама представља све актуелнији проблем у урбаним срединама услед повећаног броја звучних извора способних да великом снагом емитују нискофреквенцијску буку. У томе су посебно карактеристични модерни звучнички системи за емитовање ниских фреквенција, уобичајено називани сабвуфери. Тачност мерења звучне снаге на ниским фреквенцијама зависи, пре свега, од удаљености мерних позиција од звучног извора. Мерења ће бити тачнија уколико је удаљеност на којој се врши мерење већа. У случају звучних извора великих димензија питање удаљености мерних позиција постаје важан фактор. Међутим, са повећањем удаљености од извора на мерним позицијама се повећава утицај других звучних извора из окружења, што може умањити тачност мерења.

Уколико се у некој средини установи одређени проблем, потребно је након карактеризације и предикције буке предложити одговарајуће методе заштите. Могуће методе заштите су: (1) изолационим својствима преграда којим се око извора формира просторија и (2) заштитним звучним баријерама у спољашњој средини постављеним на путу звучних таласа. Ефикасност обе методе зависиће од физичке реалности у окружењу, спектралног садржаја буке за коју се примењују, али и неких евентуалних практичних ограничења. Новији резултати публиковани у литератури отворили су неке нове теме у домену конструкције заштитних баријера и метода мерења њиховог доприноса, као и у домену карактеризације изолационих својстава грађевинских преграда.

На таквим сазнањима из литературе заснована је предложена тема која се бави метдама заштите од буке коју генеришу специфични извори у урбаној средини. У том смислу ова теза ће бити оријентисана на методе за карактеризацију и анализу извора буке који се налазе на води. То су бука угоститељских и забавних објеката на води и бука бродова. Њихова специфичност је у спектралном садржају звука који генеришу и у чињеници да нису једноставно доступни за реализацију стандардних процедура мерења звучне снаге. Бука таквих звучних извора са специфичностима које их карактеришу није довољно истражена, па постоји простор да се направи изванредан допринос. Резултати овог истраживања ће бити искоришћени за боље разумевање и дефинисања могућих метода заштите од буке. У тези ће акценат бити стављен на њихову карактеризацију, прорачун утицаја на средину у којој се налазе и анализу могућих доприноса неких средстава заштите. Истраживање ће бити реализовано коришћењем различитих *in-situ* мерних техника и симулација пропагације буке, као и анализе доприноса могућих средстава заштите од буке задатих спектрални својстава.

Предложени рад представља наставак истраживања започети пројектом који је Лабораторија за акустику Електротехничког факултета имала са Секретаријатом за заштиту животне средине Београда.

РЕЛЕВАНТНИ БИБЛИОГРАФСКИ ИЗВОРИ:

[1] Leping Feng, Mats Åbom, Ulf Orrenius. *Engineering methods to predict noise levels at reference points with known source properties*. Applied Acoustics, Vol 96, 2015, 68-74.

[2] ISO 3744, Acoustics – *Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure – Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane* (European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2010).

[3] ISO 9614 – 1, Acoustics – *Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurement at discrete points*, (European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1993).

[4] ISO 9614 – 2, Acoustics – *Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurement by scanning* (European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 1996).

[5] ISO 9614 – 3, Acoustics – *Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 3: Precision method for measurement by scanning*, (European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2002).

[6] K. J. Marsh. *Determination of sound-power levels for industrial purposes*. Applied Acoustics Vol 14, 1981, 113-127.

[7] NT ACOU 080, *Industrial plants: Noise emission*, (1991).

[8] Torben Astrup. *Measurement of sound power using the acoustic intensity method – A consultant's viewpoint*. Applied Acoustics, Vol 50(2), 1997, 111-123.

[9] F.J. Fahy. *International standards for the determination of sound power levels of sources using sound intensity measurement: an exposition*. Applied Acoustics, Vol 50(2), 1997, 97-109.

3. Полазне хипотезе

Рад на предложеној докторској дисертацији заснива се на четири основне хипотезе.

1. Када читава зграда представља јединствен нехомоген извор буке, а направљена је од лаких преградних конструкција као што су то ноћни клубови на води, за одређивање звучне снаге таквог извора могуће је као алтернативу постојећим мерним поступцима дефинисаним међународним стандардима увести упрошћену методу која се лакше реализује у отежаним условима мерења таквих извора.

Карактеризација грађевинских објеката као извора буке направљених од лаких преградних конструкција представља сложен задатак ако се користе постојеће мерне технике дефинисане међународним стандардима. Разлог за то лежи у чињеници да већина постојећих стандарда препоручује велики број мерних позиција распоређених око извора који се повећава са величином звучног извора. Додатно, неки од постојећих стандарда за одређивање звучне снаге препоручују употребу референтног звучног извора за одређивање корекције средине у којој се звучни извор налази. Међутим, у случају фиксних звучних извора великих димензија употреба референтног звучног извора је

практично неизводљива, примарно због немогућности њиховог измештања. У Нордијским земљама постоји стандард означен као *Nordtest* метод који је алтернатива постојећим међународним ISO стандардима. У њему се указује на могућност упрошћавања мерне процедуре за карактеризацију звучних извора. Ова хипотеза уводи претпоставку да је могуће са довољном тачношћу применити поједностављену мерну процедуру у случају када је извор буке зграда изграђених од лаквих преграда и са нехомогеном структуром страница. Хипотеза укључује потребу анализе разлика које ће се евентуално јавити у вредностима измерене звучне снаге у поређењу са постојећим сложенијим мерним процедурама.

2. Примена упрошћених мерних метода за мерење звучне снаге извора буке који се налазе на воденој површини захтева проверу/кориговање увођењем додатних мерних позиција на већим удаљеностима.

Према подацима који се могу наћи у литератури имплементација мерних процедура за карактеризацију звучних извора мерењем у блиском пољу уобичајено даје као резултат ниже вредности звучне снаге. Ова појава је најизраженија на ниским фреквенцијама. Да би се извршила корекција тако измерене звучне снаге потребно је увести мерне позиције на већим удаљеностима од звучног извора. Овакав приступ постао је саставни део препорука у новијим стандардима којим се регулишу мерења снаге. У том смислу предвиђено је да се потреба такве корекције испита у случају мерења звучне снаге извора који се налази на води. Таква могућност би могла релаксирати процедуру која се спроводи у неповољним условима непосредно око звучног извора на води, а да се корекцијама на основу мерење на већим удаљеностима ипак добије довољна тачност.

3. Спектралне карактеристике буке коју стварају објекти забаве су специфичне, што захтева увођење новог корекционог фактора за оцену ефикасности звучне изолације њихових зидова.

Квалитет изолационих својстава грађевинских преграда се изражава вредностима њихове изолационе моћи по фреквенцијама, уобичајено по опсезима $1/3$ октаве у распону од 50 Hz до 5000 Hz. За лакшу оцену квалитета преграда и њихова међусобна поређења користи се изведени једнобројни параметар који се назива меродавна вредност изолационе моћи. Међутим, преласком са представљања карактеристике преграде кривом која је фреквенцијски зависна на једнобројни податак губи се информација о различитој ефикасности те преграде за различите врсте буке. Тај недостатак је превазиђен увођењем корекционих фактора којим се за специфичне врсте буке коригује меродавна вредност изолационе моћи. На основу тога врши се оцена ефикасности преграде за различите врсте буке, то јест у околностима различитог спектралног садржаја звука од кога преграда штити. У ISO стандардима су дефинисани такви корекциони фактори за случај саобраћајне буке C_{tr} и буке која настаје у становима (енгл. *indoor noise*). Уобичајен начин представљања једнобројних вредности звучне изолације је заједно са ова два корекциона фактора. Претпоставка је да ће за оцену изолационих својстава преграда од буке коју стварају објекти забаве због свог карактера захтевати другачију корекцију, пре свега због истакнутих ниских фреквенција.

4. Нови концепт заштитних баријера заснован на мета материјалима, дефинисан у литератури као „*sonic crystals*“, захтева прилагођавање стандарда за ин-ситу мерење њихових карактеристика.

Последњих пар година ин-ситу мерне технике EN 1793-5 и EN 1793-6 за мерење карактеристика заштитних звучних баријера постају уобичајен начин за њихову оцену. Резултати мерења добијени коришћењем ове методе могу се упоредити, али нису идентични резултатима добијеним применом стандарда EN 1793-2 који дефинише поступке мерења у лабораторијским условима. Главни разлог за то лежи у чињеници да је звучно поље у случају „*in-situ*“ методе са ограниченим правцима простирања звука, док EN 1793-2 метод подразумева дифузно звучно поље које погађа баријеру. Нови концепт заштитних баријера „*sonic crystals*“ подразумева коришћење индивидуалних елемената у различитим формама који се распоређују на одређеним удаљеностима једни од других. У зависности од детаља дизајна сваког индивидуалног елемента, удаљености између њих и њиховог међусобног распореда овај тип баријере уноси слабљење у уском фреквенцијском опсегу када се позиционира између звучног извора и пријемника. У литератури се могу наћи примене различитих мерних техника у циљу одређивања карактеристика овог специјалног типа звучне баријере. Већина тих техника узима у обзир звук дифрактован око врха баријере и употребу једне мерне позиције. Применом EN 1793-5 и EN 1793-6 могуће је одстранити ефекат дифракције употребом временског прозора, али и усредњавање резултата добијених у предложеној микрофонској решетки која се састоји од девет мерних микрофона. Потребно је испитати утицај позиција мерних микрофона у микрофонској решетки на резултат мерења изолационе моћи у случају „*sonic crystals*“ звучних баријера, јер оне могу бити потенцијално модерно средство за заштиту урбане средине од буке коју стварају извори на води.

4. Методе истраживања

Неколико различитих научних метода биће примењено у овом раду како би се провериле постављене хипотезе и остварили постављени циљеви истраживања. То су:

- експериментална анализа звучне снаге зграда као извора буке применом различитих мерних техника, посебно у околностима постојања објективних физичких ограничења;
- експериментална анализа звучне снаге различитих типова објеката забаве на води и моделовање пропагације њихове буке у окружењу;
- експериментална анализа ради карактеризације стања буке у објектима забаве;
- утврђивање корекционог фактора за оцену стања звучне изолације зидова који ограничавају објекте забаве;
- експериментална анализа звучне снаге различитих типова бродова и детекција карактеристичних извора буке у њима;
- моделовање пропагације буке бродова у околини, посебно у урбаној зони града када је окружена воденом средином;
- примена *ин-ситу* метода за квантификацију заштитне улоге различитих типова звучних баријера, уз прилагођавање методологије мерења специфичностима конструкције баријере у њеној позицији у простору;
- анализа изводљивости примене „*in-situ*“ методе за оцену квалитета заштитних звучних баријера у случају „*sonic crystals*“ типа баријере;

5. Очекивани научни допринос

Очекивани доприноси ове тезе су следећи:

- предлог методе за карактеризацију специфичних јаких извора буке који се налазе на води у урбаном окружењу, а то су објекти забаве и различити типови бродова;
- предлог методологије мерења звучне снаге таквих извора;
- предлог методологије за смањење нивоа буке специфичних јаких извора буке који се налазе на води;
- предлог новог корекционог фактора за оцену квалитета изолационе моћи са аспекта заштите од буке из објеката забаве (до сада постоји само за буку саобраћаја и буку у становима);
- дефинисање мерне технике за мерење изолационе моћи различитих типова звучних баријера применом *ин-ситу* мерних техника у усмереном звучном пољу;
- утврђивање специфичности примене *ин-ситу* мерних техника у случају „*sonic crystals*“ звучних баријера заснованих на мета материјалима;
- утврђивање степена заштите од утицаја буке из објеката забаве на води који се може постићи звучним баријерама.

Иако ће се доприноси бити усмерени на специфичне изворе буке који се налазе на води у урбаном окружењу, они ће имати универзални карактер јер ће се моћи користити у анализама свих осталих типова извора буке и у предлагању метода заштиту од њих.

6. План истраживања и структура рада

Кандидат је предложио да истраживање обухвати следеће појединачне активности:

- Мерење и анализа звучне снаге кућних објеката лаких конструкција као извора буке применом различитих мерних техника.
- Мерење и анализа звучне снаге различитих типова објеката забаве на води применом поједностављене, алтернативне мерне технике.
- Мерење и анализа стандардног спектра буке објеката забаве.
- Мерење и анализа звучне снаге извора буке на различитим типовима бродова.
- Мерење и анализа слабљења буке на различитим типовима звучних баријера применом *ин-ситу* мерних техника.
- Мерење и анализа слабљења буке на „*sonic crystals*“ звучној баријери применом „*in-situ*“ мерних техника као могућој опцији за смањење буке из објеката забаве на води.

Структура рада следила би план истраживања.

7. Закључак и предлог

Након увида у наведене резултате досадашњег рада кандидата Стефана Димитријевића Комисија је закључила да је он способан за научно-истраживачки рад и за реализацију предвиђених истраживања. Одлука је донета имајући у виду његове досадашње стручне резултате остварене током докторских студија, као и на основу његовог досадашњег истраживачког ангажовања.

Такође, Комисија је мишљења да је предложена тема докторске дисертације „Карактеризација специфичних извора буке у урбаној средини и методе заштите“ (енгл. „*Characterization of specific noise sources in an urban environment and protection methods*“) подобра у смислу наведених непосредних циљева рада, очекиваних резултата

и научних доприноса, као и у контексту савремених научних истраживања у предложеној области.

Комисија констатује да тема рада припада области Техничке акустике за коју је Електротехнички факултет у Београду матичан. За ментора рада предлаже се др Миомир Мијић, редовни професор, који је запослен на Електротехничком факултету у Београду. Из тог разлога уз овај Извештај приложен је и списак радова проф. др Миомира Мијића који га квалификују за ментора.

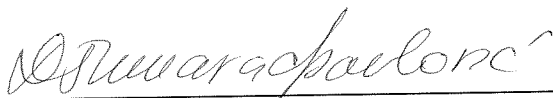
Имајући у виду чињенице наведене у овом извештају, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Карактеризација специфичних извора буке у урбаној средини и методе заштите“ (енгл. „*Characterization of specific noise sources in an urban environment and protection methods*“) и да кандидату Стефану Димитријевићу омогући да приступи њеној изради. Тема докторске дисертације ће, на основу жеље кандидата, бити писана на енглеском језику.

13.03.2019.

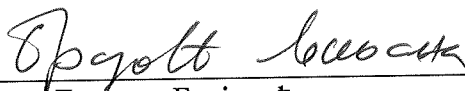
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Миомир Мијић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Драгана Шумарац Павловић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Љиљана Брајовић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Грађевински факултет



др Јован Цветић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет