

Erasmus + Project No 598241-EPP-1-2018-1-RS-EPPKA2-CBHE-JP

**Strengthening Educational Capacities by Building Competences and
Cooperation in the Field of Noise and Vibration Engineering
S E N V I B E**

**Report on the Development of the MSc
curriculum in Vibro-Acoustic Engineering
(in Serbian and English)**

Activity 5.1

Date: 26/05/2020

Садржај:

1. Увод.....	3
2. О програму.....	4
3. Прилог 1	30
4. Прилог 2	31

1. Увод

Студијски програм мастер академских студија Вибро-акустичког инжењерства се по први пут уводи у Србији. Развијен је у оквиру Еразмус+ пројекта „Јачање образовних капацитета у области инжењерства буке и вибрација развојем компетенција и сарадње између интересних група” (акроним СЕНВИБЕ, веб адреса <https://senvibe.uns.ac.rs/>), чији је носилац Универзитет у Новом Саду (у даљем тексту: УНС), а финансијер Европска комисија. Студијски програм је интердисциплинаран. Завршетком ових мастер академских студија студент стиче звање мастер инжењер вибро-акустичког инжењерства.

Циљеви и исходи студијског програма су постављени у оквиру одговарајућег Извештаја у припремној фази пројекта СЕНВИБЕ ‘Report on Learning Outcomes for an MSc Vibro-Acoustic Engineering Programme’¹, док овај документ садржи структуру програма и курикулум. Основни текст је написан на српском језику у форми коју захтевају национална акредитациона правила, док прилози садрже сажетке овог текста на енглеском језику: Прилог 1 приказује основну структуру и садржај, а Прилог 2 кратке описе појединих предмета.

¹https://senvibe.uns.ac.rs/wp-content/uploads/2019/07/SENVIBE_Report_Task1.5CoverPage.pdf,
приступљено 10.6.2020.

2. О програму

2.1 Структура студијског програма

Назив студијског програма мастер академских студија је Вибро-акустичко инжењерство, а академски назив који се стиче је мастер инжењер вибро-акустичког инжењерства. Циљ је образовање стручњака из вибро-акустике, уз постизање исхода процеса учења који обухватају релевантне компетенције из ове области, теоријска и практична знања и академске вештине који ће поставити платформу за каријеру у привреди, регулаторним и контролним телима, или наставак образовања на докторским студијама. Упис кандидата се врши на основу конкурса који расписује УНС. Да би кандидат конкурисао за упис на прву годину ових мастер академских студија, треба да има завршене основне академске студије техничких инжењерских профила (240 ЕСПБ).

Студије трају једну годину (два семестра) и носе 60 ЕСПБ бодова. Поред обавезних теоријско-методолошких, научно-стручних и стручно-апликативних предмета, постоје и изборни стручно-апликативни предмети. Изборни предмети су тако осмишљени да омогућују да студент стечено знање профилише ка једном од три изборна подручја: Вибрационо инжењерство, Акустичко инжењерство и Бука и вибрације у животној средини. У зависности од изабраних изборних предмета у додатку дипломе ће бити ближе одређено једно од ова три изборна подручја. Да би добио наведени назив, студент мора да из групе изборних предмета положи доминантно оне предмете који се на то подручје односе и уради мастер рад из тог подручја (видети НАПОМЕНУ након **Табеле 1**).

Студијски програм се окончава израдом и одбраном мастер рада. Израдом и одбраном мастер рада студент показује самосталност и креативност у примени до тада стечених теоријских и практичних знања. Мастер рад студенти израђују у другом семестру. Вредност три активности везане за мастер рад носи 18 ЕСПБ. Детаљне одредбе о пријави, условима за израду и начину одбране овог рада утврђују се Статутом и одговарајућим интерним актима.

2.2 Курикулум

Студијски програм има обавезне и изборне предмете организоване у два семестра, како је приказано у [Табели 1](#). Ова табела је дата на начин формално захтеван акредитационом документацијом. Стога ова табела садржи поделу предмета по семестрима, шифру предмета из званичног софтвера за

акредитацију Националног акредитационог тела, назив предмета, тип предмета, број часова наставе и ЕСПБ бодове (легенда ознака је дата испод табеле).

Постоје четири обавезна предмета у првом семестру: Професионални аспекти истраживања, инжењерства и иновација; Механичке вибрације; Основи техничке акустике; Бука и вибрације у животној и радној средини. Обавезна је и Стручна пракса. У првом семестру постоји и једна изборна позиција. У другом семестру постоји један обавезан предмет (Нумеричке методе у вибро-акустици), две изборне групе предмета и обавезне активности везане за Мастер рад. Сви изборни предмети у истим изборним групама (позицијама) су бодовно усаглашени и по том питању је успостављена њихова равноправност: предмети из Изборне позиције 1 у првом семестру носе по 4 ЕСПБ бодова, а из Изборних позиције 2 и 3 у другом семестру носе по 5 ЕСПБ бодова. Студент од понуђених изборних предмета самостално бира изборне предмете.

Табела 1. Распоред предмета по семестрима и годинама студија

Р. Б.	Шифра	Назив предмета	Сем	Тип	Активна настава				Остали часови	ЕСПБ
					П	В	СИР	ДОН		
ПРВА ГОДИНА										
1.	20.ОР0001	Професионални аспекти истраживања, инжењерства и иновација	1	ТМ	2	0	1	0	0	4
2.	20.ОР0002	Механичке вибрације	1	ТМ	3	1	0	3	0	5
3.	20.ОР0003	Основи техничке акустике	1	ТМ	3	2	0	0	0	5
4.	20.ОР0004	Бука и вибрације у животној и радној средини	1	НС	2	1	0	2	0	5
5.	20.ИР0001	Изборна позиција 1 (бира се 1 од 2)	1		2	0	0	2	0	4
	20.ИР001	Ефекти вибрација на човека	1	СА	2	0	0	2	0	4
	20.ИР002	Психо-физиолошка акустика	1	СА	2	0	0	2	0	4
6.	20.СП0001	Стручна пракса	1	СА	0	0	0	0	4	4
Укупно часова по виду наставе у блоку					12	4	1	7	4	
Укупно часова активне наставе и ЕСПБ у блоку					24					27
Укупно часова наставе у блоку					28					

7.	20.OP005	Нумеричке методе у вибро-акустици	2	ТМ	3	1	0	2	0	5
8.	20.IP002	Изборна позиција 2 (бира се 1 од 3)	2		2	1	0	1	0	5
	20.IPR003	Контрола вибрација и вибро-феномена	2	СА	2	1	0	1	0	5
	20.IPR004	Електроакустика	2	СА	2	1	0	1	0	5
	20.IPR005	Мониторинг и управљање у урбаним срединама	2	СА	2	1	0	1	0	5
9.	20.IP003	Изборна позиција 3 (бира се 1 од 3)	2		2	0-1	0	1-2	0-6	5
	20.IPR006	Структурална динамика	2	СА	2	0	0	2	6	5
	20.IPR007	Обрада аудио сигнала	2	СА	2	1	0	2	0	5
	20.IPR008	Акустички и вибро-акустички материјали	2	НС	2	1	0	1	0	5
10.	20.MRS001	Мастер рад – СИР	2	ТМ	0	0	5	0	0	8
11.	20.MR001	Мастер рад – предмет завршног рада	2	ТМ	0	0	2	0	0	2
12.	20.MRZ001	Мастер рад – израда и одбрана	2	ТМ	0	0	0	0	5	8
Укупно часова по виду наставе у блоку					7	2-3	7	4-5	5-11	
Укупно часова активне наставе и ЕСПБ у блоку					21-22					33
Укупно часова наставе у блоку					26-33					
Укупно часова по виду наставе у години					19	6-7	8	11-12	9-15	
Укупно часова активне наставе и ЕСПБ у години					45-46					60
Укупно часова наставе у години					54-61					

ЛЕГЕНДА:

ТМ - теоријско-методолошки предмет; НС - научно-стручни предмет; СА - стручно-апликативни предмет

П – предавања; В - вежбе; СИР – самостални истраживачки рад; ДОН – други облици наставе

НАПОМЕНА: Изборни предмети који одговарају изборним подручјима су:

Вибрационо инжењерство: 20.IPR001, 20.IPR003, 20.IPR006

Акустичко инжењерство: 20.IPR002, 20.IPR004, 20.IPR007

Бука и вибрације у животној средини: 20.IPR001, 20.IPR005, 20.IPR008

2.2 Спецификација предмета

Назив предмета: Професионални аспекти истраживања, инжењерства и иновација
Статус предмета: Обавезан предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Циљ предмета је да студенти стекну практична знања за реализацију својих научних или техничких идеја кроз пројекте или друге облике стваралаштва у свом будућем инжењерском раду у области вибро-акустике. Поред тога, треба да буду оспособљени да доносе одлуку о понуђеним пројектима као и техничко-технолошким вибро-акустичким решењима и њиховој реализацији. Студенти треба да буду оспособљени за дубље разумевање основних и методолошких питања која се јављају у инжењерској пракси из Вибро-акустике.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Студенти ће кроз добијена теоријска знања, демонстриране примере из Вибро-акустике и самостални истраживачки рад, бити способни и обучени да у будућој пракси раде на пројектима из ових области по светски прихваћеној методологији, а да при одлучивању и одабиру узму у обзир и регулативна, економска и индустријска ограничења.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Инжењерска креативност. Принципи стварања идеје. Софтверска подршка стварању и управљању идејама са илустрацијом за Вибро-акустику. Генерисање и тестирање нових концепта. Хипотезе, модели и експериментална подршка. Технологије, патенти и нова техничко-технолошка решења. Иницирање пројекта (опис, анализа изводљивости, концепт). Доношење одлуке о пројекту. Пројектовање. Врсте пројеката (истраживачко-развојни, иновациони, инвестициони) са илустрацијом за Вибро-акустику. Генерални пројекат и развој техничко-технолошких варијанти. Студија оправданости и економско-финансијски аспекти пројекта. Пројекат изведеног стања. Управљање ризиком (идентификација, анализа, планирање одговора на ризик) са илустрацијом за Вибро-акустику. Инжењерски захтеви и поступци за реализације патента и новог техничког решења у области Вибро-акустике. Инжењерска етика.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Демонстрација конкретних вибро-акустичких примера за теоријске јединице. Самостална израда практичног домаћег задатка и групна израда предметног пројекта из области вибро-акустике.</p>
<p>Литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Howitt D., Cramer D.: Introduction to Research Methods, 3rd Edition, Pearson Education Ltd., 2010. 2. Musorodzata T.: Project Tools and Techniques, AIU Atlantic International University, 2010. 3. Wallingman N.: Research Methods – the Basic, Routledge, London, 2011. 4. Salkind N.: Exploring Research: Pearson New International Edition, 8th Edition, Pearson Education Ltd., 2013. 5. Pandey P., Pandey M.M.: Research Methodology: Tools and Techniques, Bridge Center, 2015. 6. Mishra S.B., Alok S.: Handbook of Research Methodology, Educreation Publishing, 2017. 7. Радаковић Н., Морача С.: Основе управљања пројектима, ФТН, Нови Сад, 2012. 8. Водич кроз корпус знања за управљање пројектима (РМВОК водич), РМВОК/ФТН, 2010.

Назив предмета: Механичке вибрације
Статус предмета: Обавезан предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Циљ предмета је да студенти стекну основна теоријска и практична знања из области механичких вибрација. Упознавање са основним појмовима и феноменима механичких вибрација, применом вибрација у техници и другим областима, штетним појавама које оне изазивају и њиховом контролом. Студенти треба да буду оспособљени да препознају узрок штетних вибрација, да их измере и да умеју да пронађу начин како да се оне елиминишу или ублаже. Оспособљавање за самостално решавање комплексних инжењерских проблема који укључују вибрације и повезивање стеченог знања са сродним проблемима и решењима других наука и дисциплина.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Студенти ће, кроз добијена теоријска знања, решене примере и лабораторијске вежбе, бити обучени и способни да у будућој пракси самостално решавају инжењерске проблеме који укључују вибрације. Биће способни да израде математички модел вибрација механичких система, да одаберу метод решавања и изврше анализу добијених резултата. Моћи ће да изврше потребна мерења, препознају основне параметре и феномене вибрација посматраног система, и на основу њих дају препоруке за решавање датих задатака. На основу познавања механичких вибрација, метода њихове примене, начина контроле студенти ће моћи да решавају и проблеме вибрација немеханичких система и сарађују са другим инжењерима и стручњацима из других области.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Механичко моделовање. Теоријске основе. Број степени слободе кретања. Други Њутнов закон. Динамичка једначина обртања. Крутост опруге. Закон о одржању тоталне механичке енергије. Слободне хармонијске осцилације. Амплитуда. Фреквенција. Период осциловања. Осциловање инжењерских структура. Крутости еластичних елемената. Еквивалентне крутости. Осцилације са пригушењем. Вискозно трење. Кулоново трење. Принудне осцилације. Типови принуде (хармонијска, инерцијална, кинематска и непериодична). Амплитудно-фреквентни дијаграм. Резонанција. Подрхтавање. Слободне осцилације система са два и више степени слободе кретања. Фреквенције слободних осцилација. Модови осциловања. Принудне непригушене осцилације система са два и више степени слободе кретања. Принудне пригушене осцилације система са два и више степени слободе кретања. Динамички апсорбери. Уздужне осцилације еластичних штапова. Фреквенције слободних осцилација и модови осциловања. Попречне осцилације еластичних штапова. Гранични услови. Одређивање фреквенција слободних осцилација и модова осциловања. Принудне осцилације конзоле посматране као штапа који има бесконачно степени слободе кретања за осциловање у попречном правцу.</p> <p><i>Практична настава</i></p>

Практична настава обухвата лабораторijske вежбе. Вежби су везане за осцилације структуре са једним, два или више степене слободе и анализу слободних и принудних осцилација, као и анализу утицаја изолације и динамичког амортизера. Осим тога, на вежбама се анализирају и осцилације са бесконачно степени слободе: слободне, пригушене и принудне осцилације еластичне конзоле.

Литература

1. Fahy F., Thompson D.: Fundamentals of Sound and Vibration, 2nd Edition, CRC Press, 2015.
2. Вујановић Б.: Теорија осцилација, Факултет техничких наука, Нови Сад, 1995.
3. Rao S.S.: Mechanical Vibrations, 5th Edition, Prentice Hall, 2010.
4. Balachandran B., Magrab E.B.: Vibrations, 3rd Edition, Cambridge University Press, 2018.
5. Kovačić I., Radomirović D.: Mechanical Vibration – Fundamentals with Solved Examples, John Wiley & Sons, 2017.
6. Радомировић Д., Зуковић М.: ППТ презентације са предавања, Универзитет у Новом Саду.

Назив предмета: Основи техничке акустике
Статус предмета: Обавезан предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Циљ предмета је да утврди знање студената о звуку, како настаје и како се простире кроз различите средине, како се понаша у отвореном и затвореном простору и, делимично, како утиче на човека. Сечена знања су основа за све остале предмете на модулу за техничку акустику. Описати природу-карактеристике звука и презентовати основе теорије настајања звука и пропагације звучних таласа. Објаснити у основи шта и како човек чује, како разликује ниво (dB) и фреквенцијски садржај звука (Hz). Објаснити како на пренос и перцепцију звука утичу затворени простори, како се врши њихова акустичка обрада и како се оцењује акустички амбијент професионалних студија, концертних дворана, конференцијских сала. Упоредити принципе заштите од буке са принципима модерне градње и архитектуре. Укратко представити ултразвучне технологије и њихову примену.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Поред елемента физичке и физиолошке акустике (шта и како чујемо), студенти разумеју разлике у понашању звука у отвореном и затвореном простору и умеју да оцене акустички амбијент у погледу разумљивости говора, квалитета музике и нивоа буке. Упознају аудио сигнале као сигнале сачињене од синусоидалних компоненти одређених фреквенција и амплитуда које утичу на осећај висине тона и јачине звука. Умеју да прорачунају и измере ниво звука, као и акустичке параметре просторија. Сечена знања ће им олакшати комуникацију са машинцима, грађевинцима, архитектама, правницима и лекарима различитих струка са којима ће се сусретати на темама и пројектима из области акустике.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Визуелизација настајања и простирања звучних таласа: фреквенција звука, таласна дужина и брзина простирања. Анализа звучног поља: приказати однос звучног притиска и брзине осциловања честица еластичне средине, као и релације које повезују акустичку снагу извора звука, звучни притисак и интензитет сферних звучних таласа. Ниво звучног притиска: акустички децибел. Промене звучног притиска у времену и простору.</p> <p>Аудио сигнали. Фреквенцијска представа звука сачињеног од синусоида на појединим фреквенцијама. Дискретан спектар (прост тон, хармоничан и дисхармоничан звук) и континуалан спектар (бука, шум). Импулсни одзив и преносна карактеристика аудио система. Анализа аналогних аудио сигнала: развој у Фуријеов ред периодичних сигнала и Фуријеова трансформација аналогних аудио сигнала.</p> <p>Праг чујности и граница бола у чујном опсегу фреквенција. Субјективни осећај јачине звука, висине тона и боје звука. Бинаурална локализација, преносна карактеристика до чула слуха и импулсни одзив главе.</p> <p>Ефекти при простирању звучних таласа: рефлексија и апсорпција, дифузија, закретање и преламање звучних таласа; анализа односа величине препрека и таласне дужине, као и односа звучног притиска и брзине осциловања честица на граници две средине; стојећи таласи, Доплеров ефекат.</p> <p>Акустика просторија: директни и реверберантни звук, апсорпција и реверберација. Интензитет реверберантног звука и радијус просторије. Коефицијент апсорпције и коефицијент рефлексије.</p>

Импулсни одзив просторије и акустички параметри просторије. Апсорпција просторије и време реверберације. Акустичка обрада просторија: избор и постављање апсорбера, рефлектора и дифузора.

Грађевинска акустика. Нормиране криве дозвољеног нивоа буке по фреквенцијама, зависно од намене просторија.

Акустика у архитектури. Акустички квалитет студијских и режијских простора, акустика учионица и конференцијских сала, акустика концертних сала, оперских кућа и цркава, биоскопа. Анехоичне коморе (глуве собе).

Увод у ултразвучне технологије: генерисање, пропација и регистровање ултразвука; ултразвучни уређаји; примене у дијагностици и терапији. Сонар (подводни звук). Како чују поједине животиње.

Практична настава

Овај уводни предмет је претежно теоријског карактера, али ће део аудиторних вежби бити усмерен на практичне примене. Током курса се организује посета Радио-телевизији Војводине, где студенти виде акустички обрађене студије са аудио-техником, анехоичну комору и драмски комплекс.

Литература

1. Дринчић Д., Правица П., Новаковић Д.: Основи акустике, ВШЕРСС, Београд, 2018.
2. Дринчић Д., Правица П.: Акустика – Збирка решених задатака, ВШЕР, Београд, 2011.
3. Alton Everest F.: The Master Handbook of Acoustics, 4th Edition, McGraw-Hill, USA, 2001.
4. Kuttruff H.: Room Acoustics, 5th Edition, Spon Press, London, 2009.
5. Делић В.: ППТ презентације са предавања, ФТН, Нови Сад.

Назив предмета: Бука и вибрације у животној и радној средини
Статус предмета: Обавезан предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Стицање теоријских знања и практичних вештина у области буке и вибрација у животној и радној средини. Оспособљавање студената за решавање конкретних проблема које стварају извори буке и вибрација кроз идентификацију и карактеризацију извора.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Оспособљеност студената за мерење и прорачун нивоа буке у и радној животној средини; примена софтверских решења за прорачун нивоа буке у животној средини; примена буке у дијагностичке сврхе; примена метода за контролу буке.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Побуда силом и померањем. Апсолутна и релативна преносивост. Понашање на ниским и високим фреквенцијама. Изолација вибрација. Утицај прогушења. Изолаторске конфигурације. Изолација темеља који нису крути. Механичка импеданца.</p> <p>Основни типови буке. Подела према временском и фреквенцијском карактеру буке. Појаве које прате простирање буке на отвореном простору: дифракција, дифузија, рефлексija, дисипација. Стање нивоа буке у животној средини. Извори буке и њихове карактеристике: друмски, железнички и ваздушни саобраћај, индустрија, грађевинске машине, комунална возила. Бука у стамбеним објектима. Типови извора буке: линијски и тачкасти. Модели за прогнозу буке. Структура модела. Основни принципи мерења буке. Фреквенцијска анализа буке. Типови фреквенцијске анализе. ФФТ анализа. Појасна анализа. Октавна и терцна анализа буке. Методе фреквенцијске анализе. Инструменти за мерење буке. Типови и врсте инструмената. Основни мерни ланац. Претварачи – кондензаторски микрофони: принцип рада, избор типа и величине. Детектор сигнала. Калибрација мерног система. Утицај окружења на мерење. Штитници. Стандарди и правилници. Европске директиве. Основни елементи мерне процедуре. Обрада резултата. Стандарди за прогнозу. Мапирање буке. Акустичко зонирање простора. Акустичко мапирање и калибрација акустичких мапа. Примена софтверских алата са акустичко мапирање. Контрола буке. Основни принципи. Контрола на извору буке. Контрола на путевима преношења. Контрола на месту пријема. Прорачун система за смањење нивоа буке. Оцена буке. Индикатори буке. Дозвољене вредности.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Мерења буке са пратећим анализама и оценом буке, уз поређење са дозвољеним вредностима. Мапирање буке на основу мерних резултата добијених директним мерењем или прикупљених у клоуду уз примену софтверских алата.</p>
<p>Литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Прашчевић М., Цветковић Д., Михајлов Д.: Бука у животној средини – друго допуњено и измењено издање (електронско издање), Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду, Ниш, 2019. 2. Цветковић Д., Прашчевић М.: Бука и вибрације – збирка задатака са теоријским основама, Просвета, Ниш, 1998.

3. Murphy E., King E.: Environmental Noise Pollution – Noise Mapping, Public Health and Policy, Elsevier, Eoin, 2014.
4. Brazile W., Autenrieth D.: Occupational & Community Noise: A Guide for Environmental Health & Safety Students, Kendall Hunt Dubuque, 2017.

Назив предмета: Ефекти вибрација на човека
Статус предмета: Изборни предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Стицање теоријских знања и практичних вештина у области хуманих вибрација и ефеката вибрација на човека са механичког и медицинског аспекта, као и аспеката безбедности и здравље на раду. Оспособљавање студената за идентификацију, анализу конкретних проблема, процену ризика које стварају вибрације у две типичне класе проблема: вибрација шаке и вибрација целог тела.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Оспособљеност студената за препознавање проблема изложености човека вибрацијама и оцену ризика. Оспособљеност студената за мерење хуманих вибрација за случај вибрација шаке и вибрација целог тела, уз адекватну анализу, поређење са регулативом, могућност редукције вибрација и избор одговарајуће заштитне опреме.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Механичко моделирање вибрација шаке и вибрација целог тела. Типови модела. Формирање диференцијалних једначина, принципи решавања, анализе и оптимизације решења. Поређење резултата добијених различитим механичким моделовањем.</p> <p>Медицински аспект вибрација шаке и вибрација целог тела. Повезивање објективних физичких карактеристика вибрација са патофизиолошким последицама које оне стварају на телу човека. Дијагностика (тест хладне пробе). Правилник за утврђивање професионалних болести и Правилник о претходним и периодичним лекарским прегледима запослених на радним местима са повећаним ризиком. Комбиновани ефекти буке и вибрација на човека.</p> <p>Упознавање за релеватном регулативом: EU Vibration Directive, Закон о безбедности и здравља на раду, Правилник о превентивним мерама за безбедан и здрав рад при излагању вибрацијама.</p> <p>Вибрације шаке: принципи мерења, начини калкулација и интерпретација резултата. Вибрације целог тела: принципи мерења, начини калкулација и интерпретација. Поређење са регулативом. Заштита од вибрација. Редукција вибрација и лична заштитна опрема.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Тест хладне пробе и мерење вредности температуре прстију кожном термометријом и капилароскопијом приложеном плетизмографије, као и коришћење електродијагностичким испитивањима сензомоторна спроводљивости нерава и мишића горњих екстремитета, увид у РТГ снимак шака и ручног зглоба.</p> <p>Мерења хуманих вибрација. Одређивање експозиције вибрацијама, мерење интензитета вибрација, рачунање дневне експозиције вибрацијама графички, номограмом, софтверски.</p>
<p>Литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Non-Binding Guide to Good Practice for Implementing Directive 2002/44/EC (Vibrations in Work), European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities. 2. South T.: Managing Noise and Vibration at Work – A Practical Guide to Assessment, Measurement and Control, 1th Edition, Butterworth-Heinemann, 2004. 3. Griffin M.J.: Handbook of Human Vibration, Elsevier Science Publishing Co Inc, 1996.

4. Миков М.: Практикум из медицине рада, Ортомедикс, Нови Сад, 1995.
5. Поплашен Д., Кернер И.: Вибрације које се преносе на шаке и руке, Сигурност, Загреб, 2013.
6. Танковић А., Суљић-Бегановић Ф., Талајић М., Лутвица С., Лутвица Е., Голетић А.: Утицај вибрација на људски организам, Билтен Лјекарске коморе, Зеница, 2015.

Назив предмета: Психо-физиолошка акустика
Статус предмета: Изборни предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>На овом предмету студенти науче детаље о перцепцији звука и утицају на човека. Циљ је да се јасно повежу објективне физичке карактеристике звука са субјективним доживљајем појединих карактеристика звука. Описати анатомију и физиологију чула слуха. Објаснити везу између акустичког децибела и фона, изофонске криве и нормиране криве једнаке подношљивости буке, као и представу децибела у аудиолошким мерењима. Објаснити како на перцепцију звука утичу затворени простори (закон првог таласног фронта) и како се оцењује акустички амбијент. Анализирати артикулацију и перцепцију говора. Упознати технике испитивања квалитета гласа, разумљивости говора, као и аудиометријског испитивања слуха. Описати функције слушних апарата и кохлеарних импланта.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Студенти знају каква је осетљивост људског чула слуха на појединим фреквенцијама у чујном опсегу. Разумеју нелинеарност перцепције и разлике у објективним и субјективним карактеристикама звука, шта и како човек чује, како разликује ниво звучног притиска (dB) и фреквенцијски садржај звука (Hz), како опажа правац у ком се налази извор звука, и како бука утичу на човека. Познају анатомију и физиологију чула слуха и како се врши испитивање слуха тоналном и говорном аудиометријом. Разумеју улогу и могућности слушних апарата и кохлеарних импланта. Знају како се артикулише говор, како се испитује квалитет гласа и мери разумљивост говора. Стечена знања ће им олакшати комуникацију са аудиолозима, фонологијима и стручњацима који се баве заштитом од буке.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Перцепција звука: анатомија и физиологија чула слуха, чујно подручје, бинаурална локализација и ефекат маскирања. Психо-акустика: субјективни осећај јачине, висине тона и боје звука. Чујно подручје, ниво звучног притиска (dB vs. Fon), изофонске линије. Шта и како чујемо: dB, фони и сони, dB(A).</p> <p>Утицај буке на човека: извори и ширење, ниво и доза буке, прописи о допуштеном нивоу, стандарди и технике мерења.</p> <p>Артикулација и перцепција говора: акустички, моторички и когнитивни аспекти, моделовање продукције и перцепције говорног сигнала. Испитивање квалитета гласа и мерење разумљивости говора: објективно мерење и субјективно испитивање акустичких карактеристика гласа.</p> <p>Испитивање слуха: тонална аудиометрија (dBHL) и говорна аудиометрија; слушни апарати и кохлеарни импланти.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Практични део наставе (вежбе) одвија се у Аудиолошкој лабораторији на ОРЛ клиници Медицинског факултета. Део вежби ће се одвијати и у глувој соби који се односи на просторне димензије звука, а у аудиолошкој лабораторији радиће се испитивање квалитета гласа и мерење разумљивости говора, као и тонална и говона аудиометрија.</p>
Литература

1. Бабић Б.: Аудиологија и вестибулологија, ФАСПЕР Београд, 2007.
2. Мијић М.: Аудио системи, Академска мисао, Београд, 2011.
3. Howard D.: J. Angus, Acoustics and Psychoacoustics, Elsevier, Oxford, 2009.
4. Vorländer M.: Auralization – Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality, Springer, Berlin, 2008.
5. Комазец З.: ППТ презентације са предавања, Медицински факултет, Нови Сад.

Назив предмета: Стручна пракса
Статус предмета: Обавезан предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Стручна пракса олакшава студенту прелазак са академског школовања на професионални практичан рад инжењера у складу са звањем које се добија након завршетка студијског програма – мастер инжењер вибро-акустичког инжењерства. Образовни циљ обухвата стицање непосредних сазнања о начину пословања организације уопште, са акцентом на послове и проблеме везане за различите аспекте вибро-акустике, те примену стечених знања у пракси и развијање свести код студента о потреби стицања нових или специфичних знања из ове области. Стручна пракса има следеће специфичне циљеве: упознавање студената са делатностима изабране организације; упознавањем студената са начином пословања изабране организације; упознавањем студената са пословима и/или проблемима везаним за различите аспекте вибро-акустике у изабраној организацији; унапређивање способност студента за успешну примену стручних и научних сазнања и метода из Вибро-акустике у пракси; оспособљавање студента за ефикасно прилагођавање процесима рада, организацији рада и тимском раду приликом предстојећег запошљавања; омогућавање студента да се представи евентуалном будућем послодавцу.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Развијене способности студената за успешну примену стручних и научних сазнања и метода из Вибро-акустике у пракси. Креирана свест и стечена знања о практичним пословним процедурама, организацији и технологијама. Оспособљеност за ефикасно прилагођавање процесима рада, организацији рада и тимском раду приликом предстојећег запошљавања. Олакшано доношење каријерних одлука.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Формира се за сваког кандидата посебно, на релацији студент – руководиоца стручне праксе – руководство организације у којој се обавља стручна пракса (или овлашћени ментор студента у организацији), а у складу са потребама струке и/или проблематике из вибро-акустичке области.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Формира се за сваког кандидата посебно, у договору са руководиоцем стручне праксе и руководством организације у којој се обавља стручна пракса (или овлашћеним ментором студента у организацији), а у складу са потребама струке и/или проблематике из вибро-акустичке области.</p>
<p>Литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ковачић И., Зуковић М.: Упутство за извођење стручне праксе, СЕНВИБЕ пројекат, Нови Сад, 2020. 2. Практикуми, књиге, техничка упутства, научни радови и остала литература. Потребне за реализацију праксе.

Назив предмета: Нумеричке методе у вибро-акустици
Статус предмета: Обавезан предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Првенствени циљ предмета је оспособљавање студената за употребу модерних инжењерских програма у области вибрација и акустике, као и развијање осталих компетенција у овим областима. Упознавање са основним и напредним нумеричким методама за решавање инжењерских проблема. Примена нумеричких метода на специфичне инжењерске проблеме вибро-акустике. Примена комерцијалног и некомерцијалног софтвера. Кроз овај предмет студенти ће утемељити теоријске основе и применити математичке моделе и изразе који се користе у Техничкој акустици и Теорији вибрација.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Оспособљеност студената за примену нумеричких метода у проблемима акустике и вибрација. Формирање математичких модела и избор метода за њихово решавање. Имплементација научених метода. Извођење и анализа нумеричких прорачуна уз помоћ комерцијалних (Wolfram Mathematica, Matlab, ADAMS), као и некомерцијалних рачунарских софтвера. Примена стечених компетенција како у решавању проблема уже струке, тако и у мултидисциплинарним проблемима.</p> <p>Студенти науче да моделују сложене електро-акустичко-механичке системе (електро-акустички претварачи, вентилациони канали, пригушивачи, акустички резонатори) и анализирају их помоћу простих еквивалентних електричних кола. Разумеју како се успоставља/ишчезава звучно поље у просторији након укључивања/искључивања звучног извора, колики је ниво реверберантног звука, а колико време реверберације.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Осврт на линеарне осцилације система са једним, два и више степени слободе. Решавање система линеарних и нелинеарних алгебарских једначина. Проблем сопствених вредности и главне форме осциловања. Методе нумеричке интеграције обичних диференцијалних једначина – почетни и гранични проблем. Фреквенцијска анализа. Нумеричке методе решавања парцијалних диференцијалних једначина и примена на проблеме осцилација система са бесконачно много степени слободе. Почетни и гранични услови. Метода коначних елеманата.</p> <p>Тачкасти, линијски и површински извори звука. Промене звучног притиска у времену и простору: акустичка таласна једначина за равне и сферне звучне таласе. Парцијалне диференцијалне једначине за динамичку равнотежу и закон о одржању енергије – електро-акустичке аналогije, акустичка импеданса и импеданса акустичког зрачења, акустичка снага зрачења. Електро-механичке аналогije.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>На рачунарским вежбама студенти самостално израђују или дорађују унапред припремљене нумеричке кодове и користе комерцијалне програме за решавање задатих проблема. Примена комерцијалних софтвера (Wolfram Mathematica, Matlab, ADAMS) у анализи вибрација. Анализа акустичко-механичких система преко еквивалентних електричних кола. Анализа звучног поља у просторији помоћу статистичке теорије: успостављање звучног поља, интензитет звука у</p>

стационарном стању и закон опадања укупне акустичке енергије у просторији. Организују се и гостујућа предавања инжењера из привреде имају за циљ развијање инжењерских и предузетничких компетенција студената са становишта коришћења и развијања софтверских алата.

Литература

1. Fahy F., Thompson D. (Eds): Fundamentals of Sound and Vibration, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2015.
2. Wu J.S.: Analytical and Numerical Methods for Vibration Analyses, John Wiley & Sons, Singapore, 2013.
3. Atalla N., Sgard F.: Finite Element and Boundary Methods in Structural Acoustics and Vibration, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2015.
4. Petyt M.: Introduction to Finite Element Vibration Analysis, Cambridge University Press, 1990.
5. Blauert J., Xiang N.: Acoustics for Engineers, Springer, 2008.
6. Vorländer M.: Auralization – Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality, Springer, Berlin, 2008.
7. Nilsson A.C., Liu B.: Vibro-Acoustics Volume 3, Springer, 2016
8. Зуковић М.: ППТ презентације са предавања, ФТН, Нови Сад.

Назив предмета: Контрола вибрација и виброфеномена
Статус предмета: Изборни
Циљ предмета Образовни циљ предмета је упознавање студената са теоријским и практичним основама метода за пасивну и активну контролу вибрација и виброфеномена.
Исход предмета Знања стечена у оквиру овог предмета оспособљавају студенте за решавање конкретних вибрационих инжењерских проблема, уз коришћење одговарајућих софтверских пакета намењених анализи, симулацији и синтези управљачких система за контролу вибрација и виброфеномена.
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Адаптивна пасивна контрола: променом типа пригушења; променом крутости; променом масе; подесиви вибрациони неутрализатори. Активна контрола у затвореној спрези: системи са једним улазом и једним излазом (функција преноса, одзив система, стабилност, ефекат временског кашњења у контролној петљи); системи са више улаза и излаза (концепт простора стања, повратна спрега по излазима и стањима, естиматори стања и опсервери, оптимално и модално управљање). Активна контрола у отвореној спрези: системи са једним и више улаза и излаза, адаптивна контрола у фреквенцијском и временском домену, поређење са контролом у затвореној спрези. Сензори и извршни органи за активну контролу вибрација. <i>Практична настава</i> Упознавање са софтверским пакетима намењеним аквизицији сигнала, анализи система и контроли вибрација; рачунски задаци; експериментални рад; примери решавања конкретних инжењерских проблема.
Литература 1. Mallik A.K., Chatterjee S.: Principles of Passive and Active Vibration Control, Affiliated East-West Press, 2014. 2. Fuller C.C., Elliott S.J., Nelson P.A.: Active Control of Vibration-Academic Press, 1996. 3. Hansen C., Snyder S., Qiu X., Brooks L., Moreau D.: Active Control of Noise and Vibration, CRC Press, 2012. 4. Veres S.M., Tokhi M.O.: Active Sound and Vibration Control – Theory and Applications-Institution of Electrical Engineers, 2002.

Назив предмета: Електроакустика
Статус предмета: Изборни предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Представљање свих аудио-уређаје у ланцу од снимања, преко обраде, до репродукције звука. Посебно детаљно се представљају електро-акустички претварачи, њихови принципи рада и електро-акустичке карактеристике. Упознају се принципи пројектовања и постављања озвучења отворених и затворених простора. Кроз практичан рад упознаје се аудио-техника за снимање и репродукцију звука, стандарди и технике за снимање, аудио мониторинг, анализу, обраду и миксање аудио-сигнала.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Студенти упознају електро-акустичке претвараче (микрофоне, звучнике и слушалице), као и друге уређаје и опрему са којом се срећу приликом посете музичким студијима. Науче да измере и анализирају карактеристике електро-акустичких уређаја, акустичке параметре просторија, као и да пројектују, изабере и поставе озвучење на отвореном и у затвореном простору. Науче да оцене акустички амбијент у погледу разумљивости говора, квалитета музике, нивоа буке, као и да изабере и поставе аудио-технику за снимање говора, музике и амбијенталног звука. Стечена знања ће им олакшати комуникацију са стручњацима из РТВ кућа и медија, као и са пројектантима аудио-система.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Микрофони: Акустичка подела (пресиони, градијентни и комбиновани) и карактеристика усмерености. Електроакустичке карактеристике микрофона. Режији рада микрофонске мембране. Електрична подела и принципи рада електродинамичких и кондензаторских микрофона.</p> <p>Избор и поставке микрофона за снимање говора и музике: Драмско снимање, снимање говорног програма са више извођача, звучна кулиса (ефекти, шумови); снимање музичког програма (избор и поставке микрофона за снимање оркестра и појединих музичких инструмената); звук за филм и видео.</p> <p>Звучници и слушалице: подела звучника; конструкција и принцип рада електродинамичког звучника; електро-акустичке карактеристике; звучнички системи, драјвери, скретнице, кутије и појачала. Звучници са левком; звучне групе и звучни стубови, линијски и лучни извори звука. Аудио мониторинг.</p> <p>Озвучење: пројектовање и постављање озвучења у отвореном и затвореном простору (системи и поставке звучника и микрофона, микрофонија, аудио мониторинг, зона стерео слушања, кућни биоскоп).</p> <p>Стерео презентација и бинаурална локализација. Системи стерео и окружујуће репродукције. Технике снимања у студијима. Вишеканално снимање, окружујући звук (5.1, 7.1,...). Микс, ремикс, мастеринг.</p> <p>Електроакустички уређаји: тонска техника, мерни уређаји, филтри и појачавачи. Студијска техника и обрада аудио сигнала: аудио миксете (аудио-визуелне контроле, мешање, филтри, регулација нивоа, динамике и реверберације, ехо, панорама, аудио мониторинг и монтажа звука, дигитални аудио ефекти).</p>

Практична настава

Настава је праћена лабораторијским вежбама. Организује се и посета Радио-телевизији Војводине и Студију Берар, где студенти практично упознају аудио-технику, музичке и говорне студије, као и системе за озвучење.

Литература

1. Мијић М.: Аудио системи, Академска мисао, Београд, 2011.
2. Дринчић Д., Правица П., Новаковић Д.: Основи акустике, ВШЕРСС, Београд, 2018.
3. Everest F.A.: The Master Handbook of Acoustics, McGraw-Hill, USA, 2001.
4. Делић В.: ППТ презентације са предавања, ФТН, Нови Сад.

Назив предмета: Мониторинг и управљање у урбаним срединама
Статус предмета: Изборни предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Упознавање студената са структуром и начином функционисања главних комуналних и инфраструктурних система, начином праћења рада, планирања, развоја и одражавања. Стицање знања из савремених технологија које за циљ имају оптимизацију рада комуналних система, као и урбане средине као целине, са аспекта ефикасности, сигурности, утицаја на животну средину и трошкова функционисања.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Оспособљеност за уочавање и решавање проблема животне средине урбаних насеља, на основу стечених фундаменталних знања из области мониторинга, планирања и управљања сложеним комуналним системима.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Делови сложених урбаних средина, основе пројектовања комуналних система са аспекта заштите животне средине, основе мониторинга, индикатори праћења квалитета рада комуналних система, идентификација најосетљивијих тачака, реаговање у случају ванредних ситуација. Планирања развоја и одржавања комуналних система, израда акционих планова, минимизација оперативних трошкова у систему. Системски приступ управљању урбаним срединама.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Пројектовање, симулација и оптимизација рада комуналних система уз примену софтвера.</p>
<p>Литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wathern P.: Environmental Impact Assessment, Theory and Practice, Taylor & Francis, 2004. 2. Cheremisoff N.P.: Handbook of Waste and Wastewater Treatment, Butterworth – Neineman, 2002. 3. Christensen T.H.: Solid Waste Technology and Management, John Wiley & Sons, 2011. 4. Богдановић С., Нојковић С., Весић А.: Водич кроз поступак процене утицаја на животну средину, Министарство науке и заштите животне средине Републике Србије, 2005.

Назив предмета: Структурална динамика
Статус предмета: Изборни предмет
Циљ предмета Образовни циљ предмета је упознавање студената са теоријским и практичним основама метода за анализу динамичког понашања инжењерских структура и механизма изазваних различитим типовима побуде.
Исход предмета Оспособљеност студента за моделирање и анализу динамичког понашања структура и механизма под утицајем различитих динамичких побуда.
Садржај предмета <i>Теоријска настава</i> Извори вибрација у структуралном инжењерству. Нелинеарност вибрација: узроци и модели. Удар као извор вибрација. Вибрације генерисане ротирајућим елементима: деформације зубаца зупчаника, ротирајуће и реципроцирајуће неуравнотежење, критична брзина вратила. Акустичка побуда. Самопобудне вибрације: флатери лопатица турбине, аеродинамички индуковано кретање мостова, шкрипа кочница. Вибрације изазване протоком флуида: аеродинамичка стабилност и нестабилност. Динамичка дејства на конструкције. Моделирање динамичких дејстава и понашања конструкција. Метод коначних елементата (МКЕ) у моделирању структура. Динамички модели конструкција. Неки аспекти рачунарске технологије од значаја за МКЕ моделирање. Принципи решавања проблема применом одговарајућег МКЕ софтвера. МКЕ у динамичкој анализи. Нумеричке методе и поступци у динамичкој анализи. Појава земљотреса, сеизмички таласи и одзив конструкција. Нумеричко моделирање сеизмичког дејства. Моделирање линеарног и нелинеарног понашања конструкције за дејство земљотреса. Методе анализе конструкција за сеизмичка дејства. Принципи асеизмичког пројектовања објеката високоградње. <i>Практична настава</i> Пројектовање, симулација и оптимизација одзива различитих и механизма и структура уз примену софтвера.
Литература 1. Fahy F., Gardonio P.: Sound and Structural Vibration: Radiation, Transmission and Response, Academic Press, 2007. 2. Blevins R.D.: Flow-Induced Vibration, Krieger Pub Co, 2001. 3. Kovacic I., Brennan M.J.: The Duffing Equation: Nonlinear Oscillators and their Behaviour, John Willey & Sons, 2011. 4. Clough R., Penzien J.: Dynamics of Structures, Computers and Structures Inc, 2010. 5. Ковачевић Д.: МКЕ моделирање у анализи конструкција, Грађевинска књига, Београд, 2006.

Назив предмета: Обрада аудио сигнала
Статус предмета: Изборни предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Циљ овог предмета је студентима пружи фундаментална знања о савременим техникама обраде аудио сигнала и њиховим практичним применама.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Студент који успешно савлада градиво овог предмета умеће да:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формално математички опише сигнале; • примени Фуријеову (Fourier) трансформацију за анализу фреквенцијског садржаја сигнала на рачунару, и објасни значење добијених резултата; • примени методе за анализу дискретних система; • разуме и примени основне дигиталне аудио ефекте; • пројектује, имплементира и анализира системе засноване на микрофонским низовима за формирање снопова (beamforming) и за потискивање шума (буке); • користи одговарајуће софтверске алате за обраду аудио сигнала.
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Теорема о одабирању: алиасинг, типичне учестаности које се користе за дигитализацију аудио сигнала.</p> <p>Квантизација аудио сигнала: униформна/неуниформна квантизација, μ-law и A-law компандорске карактеристике, грешка квантизације.</p> <p>Дискретни системи: особине (стабилност, каузалност, линеарност, временска непроменљивост), конволуција.</p> <p>Z-трансформација: дефиниција, особине, преносна карактеристика система.</p> <p>Фуријеова трансформација дискретног сигнала: дефиниција, особине, фреквенцијска карактеристика, појам амплитудског и фазног спектра.</p> <p>Дискретна Фуријеова трансформација: дефиниција, особине, веза са Фуријеовом трансформацијом дискретног сигнала.</p> <p>Временско-фреквенцијска репрезентација сигнала: основни појмови, временско-фреквенцијска резолуција, спетрограм, (Short Time Fourier Transform).</p> <p>Дигитални аудио-ефекти: филтри, модулатори и демодулатори, нелинеарни системи, просторни ефекти, виртуални аналогни ефекти.</p> <p>Класично оптимално филтрирање које се користи у микрофонским низовима: опис проблема, Винеров (Wiener) филтар, Фростов филтар, Калманов филтар.</p> <p>Конвенционалне технике за фомирање снопа (beamforming) помоћу микрофонских низова: опис проблема, закасни и сабери (delay-and-sum) приступ, дизајн непроменљивог снопа, филтар са максималним односом сигнал шум.</p> <p>Адаптивне технике за формирање снопа (beamforming) помоћу микрофонских низова: опис проблема, адаптивни системи за формирање снопова (Винеров (Wiener), (MVDR), (LCMF)).</p>

Вишеканално потискивање шума (буке) у временском домену: опис проблема, здружена дијагонализација, оптималне филтарске матрице, просторно линеарно филтрирање, оптимални филтри, мерење перформанси.

Вишеканално потискивање шума (буке) у фреквенцијском домену: опис проблема, критеријум средње квадратне грешке, оптимални филтри, уопштена структура за потискивање бочних лобова.

Примена одговарајућих софтвера за анализу аудио сигнала (Audacity, Python).

Практична настава

Применом метода „flipped-classroom“ студенти ће пре предавања погледати одговарајућу видео презентацију, а предавања ће бити искоришћена за решавање свих недоумица које су остале након видео предавања и решавање проблема који илуструју концепте изложене на видео лекцијама. Вежбе су искоришћене за практичан рад са звуком (дигитални аудио ефекти), као и са микрофонским низовима и процесорима аудио сигнала.

Литература

1. Сечујски М., Јаковљевић Н., Делић В.: Дигитална обрада сигнала, ФТН, Нови Сад, 2019.
2. Zölzer U.: DAFX: Digital Audio Effects, John Wiley & Sons, Chichester, 2011.
3. Loizou P.C.: Speech Enhancement: Theory and Practice, CRC press, Boca Raton, 2013.
4. Benesty J., Cohen I., Chen J.: Fundamentals of Signal Enhancement and Array Signal Processing, John Wiley & Sons, Singapore, 2018.
5. Јаковљевић Н., Сечујски М.: ППТ презентације са предавања, ФТН, Нови Сад.
6. Јаковљевић Н., Сечујски М.: Видео презентације са предавања, ФТН, Нови Сад.

Назив предмета: Акустички и вибро-акустички материјали
Статус предмета: Изборни предмет
<p>Циљ предмета</p> <p>Стицање основних и специфичних знања из области материјала за контролу буке и вибрација животној. Познавање процедура и метода добијања, карактеризације и оптимизације вибро-акустичких материјала. Оспособљавање студената за избор и примену адекватних вибро-акустичких материјала за различите намене у области контроле буке и вибрација. Механички модели вибро-акустичких метаматеријала.</p>
<p>Исход предмета</p> <p>Оспособљеност за механичко и математичко моделовање, као и карактеризацију и оптимизацију материјала и структура за контролу буке и вибрација.</p>
<p>Садржај предмета</p> <p><i>Теоријска настава</i></p> <p>Конвенционални материјали за контролу буке и вибрација. Методе за карактеризацију акустичких и вибро-акустичких материјала. Мулти-функционални порозни материјали. Акустички и вибро-акустички метаматеријали. Механички модели метаматеријала. Метаструктуре. Сонични кристали. 3-D принтане структуре. Нано-порозни материјали. Еколошки материјали за редукацију буке.</p> <p><i>Практична настава</i></p> <p>Моделовање вибро-акустичких материјала.</p>
<p>Литература</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Adeymier P. (Ed): Acoustic Metamaterials and Phononic Crystals, Springer, 2013. 2. Laude V.: Phononic Crystals: Artificial Crystals for Sonic, Acoustic and Elastic Waves, De Gruyter, 2015. 3. Hawkins T.G.: Studies and Research Regarding Sound Reduction Materials with the Purpose of Reducing Sound Pollution, 2014. 4. Yang H.S.: Outdoor Noise Control by Natural/Sustainable Materials in Urban Areas, School of Architecture, University of Sheffield, 2013.

Прилог 1

No	Code	Course	Semester	ESPB
1.	20.OP0001	Professional aspects of research, innovation and engineering	1	4
2.	20.OP0002	Mechanical vibrations	1	5
3.	20.OP0003	Fundamentals of engineering acoustics	1	5
4.	20.OP0004	Environmental and occupational noise and vibration	1	5
5.	20.IP0001	Group 1 of Elective Courses (choose 1 out of 2)	1	4
	20.IPR001	Human response to vibrations	1	4
	20.IPR002	Psychophysiological acoustics	1	4
6.	20.SP0001	Student entrepreneurship	1	4
7.	20.OP0005	Numerical methods in vibro-acoustics	2	5
8.	20.IP0002	Group 2 of Elective Courses (choose 1 out of 3)	2	5
	20.IPR003	Control of vibrations and vibro-phenomena	2	5
	20.IPR004	Electroacoustics	2	5
	20.IPR005	Monitoring and management in urban environments	2	5
9.	20.IP0003	Group 3 of Elective Courses (choose 1 out of 3)	2	5
	20.IPR006	Structural dynamics	2	5
	20.IPR007	Audio signal processing	2	5
	20.IPR008	Acoustic and vibro-acoustic materials	2	5
10.	20.MRS001	Master thesis - research	2	8
11.	20.MR0001	Master thesis - topic	2	2
12.	20.MRZ001	Master thesis – writing and defence	2	8

Прилог 2

Course: Professional aspects of research, innovation and engineering
Status: Compulsory
<p>Aim</p> <p>The aim of the course is for students to gain practical knowledge for the realization of their scientific or technical ideas through projects or other forms of creative engagement in their future engineering work. In addition, they should be able to make decisions about the project design as well as about technical and technological solutions and their implementation. Students should be trained for a deeper understanding of the basic and methodological issues that arise in engineering practice.</p>
<p>Outcome</p> <p>Through the acquired theoretical knowledge, demonstrated examples and independent research work, students will be trained to work on projects in future practice according to a world-accepted methodology, and to take into account regulatory, economic and industrial constraints when making decisions and selections.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Engineering creativity. Principles of idea creation. Software support for creating and managing ideas. Generating and testing new concepts. Hypotheses, models, and experimental support. Technologies, patents and new technical-technological solutions. Project initiation (description, feasibility analysis, concept). Project decision making. Designing. Types of projects (research and development, innovation, investment). General design and development of technical-technological variants. Feasibility study and economic-financial aspects of the project. Conceptual design. Major project. Derived condition project. Risk management (identification, analysis, risk response planning). Engineering requirements and procedures for the realization of patents and new technical solutions, especially in the field of vibro-acoustics. Engineering ethics.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Demonstration of various practical examples. Independent elaboration of practical homework and group elaboration of the subject project in the field of vibro-acoustics.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. D. Howitt, D. Cramer, Introduction to Research Methods, 3rd Edition, Pearson Education Ltd., 2010. 2. T. Musorodzata, Project Tools and Techniques, AIU Atlantic International University, 2010. 3. N. Wallingman, Research Methods – the Basic, Routledge, London, 2011. 4. N. Salkind, Exploring Research: Pearson New International Edition, 8rd Edition, Pearson Education Ltd., 2013. 5. P. Pandey, M.M. Pandey, Research Methodology: Tools and Techniques, Bridge Center, 2015. 6. S.B. Mishra, S. Alok, Handbook of Research Methodology, Educreation Publ., 2017. 7. N. Radakovic, C. Moraca, Fundamentals of Project Management, FTN, Novi Sad, 2012. 8. Project Management Knowledge Corpus Guide (RMVOK Guide), RMVOK / FTN, 2010.

Course: Mechanical vibrations
Status: Compulsory
<p>Aim</p> <p>The aim of the course is for students to acquire basic theoretical and practical knowledge in the field of mechanical vibrations. Introduction to the basic concepts and phenomena of mechanical vibrations, the application of vibrations in technology and other areas, harmful phenomena they cause and their control. Students should be able to identify the cause of harmful vibrations, measure them and learn how to find a way to eliminate or mitigate them. Training on independent solving of engineering problems and linking the acquired knowledge with related problems and solutions of other sciences and disciplines.</p>
<p>Outcome</p> <p>Students will, through the acquired theoretical knowledge, solve examples and carry out laboratory exercises, be trained and able to solve engineering problems independently in future practice. They will be able to create a mathematical model of oscillatory mechanical systems, to choose the solution method and perform the analysis of the obtained results. They will learn how to perform the necessary measurements, recognize the basic parameters and phenomena of vibrations of the observed system, and based on them give recommendations for solving the given tasks. Based on knowledge of mechanical vibrations, methods of their application, methods of control, students will learn how to treat and solve oscillatory problems of non-mechanical systems and cooperate with other engineers and experts in other fields.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Mechanical modeling. Theoretical foundations. Number of degrees of freedom. Newton's second law, the dynamic equation of rotation. Spring stiffness. Law on the maintenance of total mechanical energy. Free harmonic oscillations. Amplitude. Frequency. Oscillation period. Oscillation of engineering structures. Stiffness of elastic elements. Equivalent stiffness. Damping oscillations. Viscous friction. Coulomb friction. Forced oscillations. Types of coercion (harmonic, inertial, kinematic and non-periodic). Amplitude-frequency diagram. Resonance. Beating. Free oscillations of systems with two or more degrees of freedom. Frequencies of free oscillations. Oscillation modes. Forced undamped oscillations of systems with two or more degrees of freedom. Forced damped oscillations of systems with two or more degrees of freedom. Dynamic absorbers. Longitudinal oscillations of elastic rods. Frequencies of free oscillations and oscillation modes. Transverse oscillations of elastic rods. Boundary conditions. Determination of frequencies of free oscillations and oscillation modes. Forced oscillations of the console viewed as a rod having infinite degrees of freedom for oscillation in the transverse direction.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Practical classes include laboratory exercises. The first group of exercises is related to the oscillations of the structure with two degrees of freedom and the analysis of free and forced oscillations, as well as the analysis of the influence of isolation and dynamic shock absorber. The second group of exercises analyzes oscillations with an infinite number of degrees of freedom, oscillations of the elastic rod and analysis of free, damped and forced oscillations.</p>
Literature

1. F. Fahy, D. Thompson, Fundamentals of Sound and Vibration, 2nd Edition, Crc Press, 2015.
2. B. Vujanović, Theory of Oscillations, Faculty of Technical Sciences, Novi Sad, 1995.
3. S.S. Rao, Mechanical Vibrations, 5th Edition, Prentice Hall, 2010.
4. B. Balachandran, E.B. Magrab, Vibrations, 3rd Edition, Cambridge University Press; 2018.
5. I. Kovačić, D. Radomirović, Mechanical Vibration-Fundamentals with Solved Examples, John Willey&Sons, 2017.
6. D. Radomirović, M. Zuković, PPT Presentations, University of Novi Sad.

Course: Fundamentals of engineering acoustics

Status: Compulsory

Aim

The aim of the course is to determine students' knowledge of sound, how it originates and spreads through different environments, how it behaves in open and closed space and, in part, how it affects humans. The acquired knowledge is the basis for all other subjects in the module for technical acoustics. Describe the nature-characteristics of sound and present the basics of the theory of sound formation and propagation of sound waves. Explain basically what and how a person hears, how he/she distinguishes the level (dB) and the frequency content of sound (Hz). Explain how the transmission and perception of sound is affected by closed spaces, how their acoustic processing is performed and how the acoustic ambience of professional studios, concert halls, conference halls is assessed. Compare the principles of noise protection with the principles of modern construction and architecture. Briefly present ultrasonic technologies and their application.

Outcome

In addition to the elements of physical and physiological acoustics (what and how we hear), students will learn to understand the differences in the behavior of sound in open and closed space and will be able to assess the acoustic environment in terms of speech intelligibility, music quality and noise levels. They will learn to recognize audio signals as signals composed of sinusoidal components of certain frequencies and amplitudes that affect the sense of pitch and volume. They will learn how to calculate and measure the sound level, as well as the acoustic parameters of the room. The acquired knowledge will facilitate their communication with mechanics, builders, architects, lawyers and doctors of various professions with whom they will meet on topics and projects in the field of acoustics.

Syllabus

Lectures

Visualization of the formation and propagation of sound waves: frequency of sound, wavelength and speed of propagation. Sound field analysis: show the relationship between sound pressure and the oscillation speed of elastic medium particles, as well as the relations that connect the acoustic power of a sound source, sound pressure and the intensity of spherical sound waves. Sound pressure level: acoustic decibel. Changes in sound pressure in time and space.

Audio signals. Frequency representation of a sound composed of a sinusoid at individual frequencies. Discrete spectrum (simple tone, harmonic and disharmonious sound) and continuous spectrum (noise, noise). Impulse response and transmission characteristics of audio systems. Analysis of analog audio signals: development in the Fourier series of periodic signals and Fourier transform of analog audio signals.

Auditory threshold and pain limit in the auditory frequency range. Subjective sense of volume, pitch and color of sound. Binaural localization, transmission characteristic to the senses of hearing and impulse response of the head.

Effects in sound wave propagation: reflection and absorption, diffusion, rotation and refraction of sound waves; analysis of the relationship between the size of the obstacle and the wavelength, as well as the relationship between the sound pressure and the speed of oscillation of particles at the boundary of the two media; standing waves, Doppler effect.

Room acoustics: direct and reverberant sound, absorption and reverberation. Reverberant sound intensity and room radius. Absorption coefficient and reflection coefficient. Impulse response of the room and acoustic parameters of the room. Room absorption and reverberation time. Acoustic treatment of rooms: selection and installation of absorbers, reflectors and diffusers.

Construction acoustics: noise propagation paths, insulating power of barriers (law of mass), acoustic barriers and shelters, personal protective equipment. Normalized curves of permissible noise levels by frequencies, depending on the purpose of the premises. External and internal noise sources.

Acoustics in architecture. Acoustic quality of studio and directing spaces, acoustics of classrooms and conference halls, acoustics of concert halls, opera houses and churches, cinemas. Deaf rooms.

Introduction to ultrasound technologies: generation, propagation and registration of ultrasound; ultrasonic devices; applications in diagnosis and therapy. Sonar (underwater sound). How certain animals hear.

Practical classes

This introductory subject is mostly of a theoretical nature, but part of the auditory exercises will be focused on practical applications. At the end of the course, a visit to the Radio-Television of Vojvodina is organized, where students will visit acoustically processed studios with audio equipment, an anechoic chamber and a drama studio.

Literature

1. D. Drincic, P. Pravica, D. Novaković, Fundamentals of Acoustics, VŠERSS, Belgrade, 2018.
2. D. Drincic, P. Pravica, Acoustics - Collection of solved tasks, VŠER, Belgrade, 2011.
3. F. Alton Everest, The Master Handbook of Acoustics, 4th Edition, McGraw-Hill, USA, 2001.
4. H. Kuttruff, Room Acoustics, 5th Edition, Spon Press, London, 2009.
5. B. Delic, PPT Presentations, FTN Novi Sad.

Course: Environmental and occupational noise and vibration
Status: Compulsory
<p>Aim</p> <p>Acquisition of theoretical knowledge and practical skills in the field of noise and vibration in the living and working environment.</p> <p>Enabling students to solve specific problems created by noise and vibration sources through the identification and characterization of sources.</p>
<p>Outcome</p> <p>Ability of students to measure and calculate noise levels in living and working environment; application of software solutions for calculation of noise levels in the environment; application of noise for diagnostic purposes; application of noise control methods.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Excitation by force and displacement. Absolute and relative transmissibility. Behavior at low and high frequencies. Vibration isolation. Effect of damping. Configurations of isolators. Isolation of foundations that are not rigid. Mechanical impedance.</p> <p>Basic types of noise. Division according to time and frequency character of noise. Phenomena that accompany the propagation of noise in the open space: diffraction, diffusion, reflection, dissipation. Noise levels in the environment. Noise sources and their characteristics: road, rail and air traffic, industry, construction machinery, utility vehicles.</p> <p>Noise in residential buildings. Types of noise sources: line and point. Noise forecast models. Model structure. Basic principles of noise measurement. Frequency noise analysis. Types of frequency analysis. FFT analysis. Belt analysis. Octave and third noise analysis. Frequency analysis methods. Noise measuring instruments. Types and kinds of instruments. Basic measuring chain.</p> <p>Converters - condenser microphones: working principle, choice of type and size. Signal detector. Measurement system calibration. Influence of environment on measurement. Protectors. Standards and regulations. European directives. Basic elements of the measurement procedure. Processing results. Application of noise for diagnostic purposes. Forecast standards. Noise mapping.</p> <p>Acoustic zoning of space. Acoustic mapping and calibration of acoustic maps. Application of software tools with acoustic mapping. Noise control. Basic principles. Noise source control. Control of transmission routes. Reception control. Noise reduction system calculation. Noise rating. Noise indicators. Allowed values.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Noise measurements with accompanying analyzes and noise assessment, and comparisons with allowed values. Noise mapping based on measurement results obtained by direct measurement or collected in the cloud using software tools</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. M. Prascevic, D. Cvetkovic, D. Mihajlov, Noise in environment - second supplemented and amended edition (electronic edition), University of Nis, Faculty of Occupational Safety, Nis, 2019. 2. P. Uzunović, Protection against noise and vibration: quality and environmental management, Lola Institute, Belgrade, 1997.

3. E. Murphy, E. King, Environmental Noise Pollution – Noise Mapping, Public Health and Policy, Elsevier, Eoin, 2014.
4. W. Brazile, D. Autenrieth, Occupational & Community Noise: A Guide for Environmental Health & Safety Students, Kendall Hunt Dubuque, 2017.

Course: Human response to vibration
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>Acquisition of theoretical knowledge and practical skills in the field of human vibrations and the effects of vibrations on humans from a mechanical and medical aspect, as well as aspects of safety and health at work. Enabling students to identify, analyze specific problems, assess the risks posed by vibrations in two typical classes of problems: hand vibration and whole body vibration.</p>
<p>Outcome</p> <p>Ability of students to recognize the problem of human exposure to vibration and risk assessment. Students' ability to measure human vibrations in the case of hand and whole body vibrations, with adequate analysis, comparison with regulations, the possibility of vibration reduction and the selection of appropriate protective equipment.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Mechanical modeling of hand vibration and whole body vibration. Types of models. Formation of differential equations, principles of solving, analyses and optimization of solutions. Comparison of results obtained by different mechanical modeling.</p> <p>Medical aspect of hand vibration and whole body vibration. Linking the objective physical characteristics of vibrations with the pathophysiological consequences that they create on the human body. Diagnosis (cold test). Rulebook for determining occupational diseases and Rulebook on previous and periodic medical examinations of employees in workplaces with increased risk. Combined effects of human noise and vibration.</p> <p>Introduction to relevant regulations: EU Vibration Directive, Law on Safety and Health at Work, Ordinance on preventive measures for safe and healthy work during exposure to vibration.</p> <p>Hand vibrations: measurement principles, calculation methods and interpretation of results. Whole body vibrations: principles of measurement, methods of calculations and interpretation. Comparison with regulations. Vibration protection. Vibration reduction and personal protective equipment.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Cold test and measurement of finger temperature by skin thermometry and capillaroscopy and application of plethysmography, as well as the use of electrodiagnostic tests of sensorimotor conduction of nerves and muscles of the upper extremities, insight into X-ray of the hands and wrists. Human vibration measurements. Determination of vibration exposure, measurement of vibration intensity, calculation of daily vibration exposure graphically, by nomogram, software.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Non-Binding Guide to Good Practice for Implementing Directive 2002/44/EC (Vibrations in Work). European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities. 2. T. South, Managing Noise and Vibration at Work - A Practical Guide to Assessment Measurement and Control, 1th Edition, Butterworth-Heinemann, 2004. 3. M.J. Griffin, Handbook of Human Vibration, Elsevier Science Publishing Co Inc, 1996.

Course: Numerical methods in vibro-acoustics

Status: Compulsory

Aim

The primary goal of the course is to enable students to use modern engineering codes and software in the field of vibration and acoustics, as well as to develop other competencies in these areas. Introduction to basic and advanced numerical methods for solving engineering problems. Application of numerical methods to specific engineering problems of vibro-acoustics. Application of commercial and non-commercial software. Through this course, students will establish the theoretical foundations, get to know, understand and apply mathematical expressions used in acoustics and vibrations.

Outcome

Students' ability to apply numerical methods in acoustics and vibration problems. Creation of mathematical models and selection of methods for their solution. Implementation of learned methods. Performing and analyzing numerical calculations with the help of commercial (Wolfram Mathematica, Matlab, ADAMS) as well as non-commercial computer software. Application of acquired competencies both in solving problems of the profession, and in multidisciplinary problems.

Students learn to model complex electro-acoustic-mechanical systems (electro-acoustic transducers, ventilation ducts, dampers, acoustic resonators) and analyze them using simple equivalent electrical circuits. They understand how the sound field in the room is established / disappeared after the sound source is turned on / off, what is the level of reverberant sound, and what is the reverberation time.

Syllabus

Lectures

A review of linear oscillations of systems with one, two and more degrees of freedom. Solving systems of linear and nonlinear algebraic equations. The problem of eigenvalues and the main forms of oscillation. Methods of numerical integration of ordinary differential equations - initial and boundary value problem. Frequency analysis. Numerical methods for solving partial differential equations and application to problems of oscillations of systems with infinitely many degrees of freedom. Initial and boundary conditions. Finite element method.

Point, line and surface sound sources. Changes in sound pressure in time and space: an acoustic wave equation for flat and spherical sound waves. Partial differential equations for dynamic equilibrium and the law of conservation of energy - electro-acoustic analogies, acoustic impedance and impedance of acoustic radiation, acoustic radiation power. Electro-mechanical analogies.

Practical classes

Students will independently create or refine pre-prepared numerical codes and use commercial programs to solve given problems. Application of commercial software (Wolfram Mathematica, Matlab, ADAMS) in vibration analysis. Analysis of acoustic-mechanical systems via equivalent electrical circuits.

Analysis of the sound field in a room using statistical theory: the establishment of the sound field, the intensity of sound in the steady state and the law of decrease of the total acoustic energy in the room. Guest lectures of engineers from companies are also organized with the aim of developing engineering and entrepreneurial competencies of students from the point of view of using and developing software tools.

Literature

1. F. Fahy, D. Thompson (Editors), *Fundamentals of Sound and Vibration*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2015.
2. J.S. Wu, *Analytical and Numerical Methods for Vibration Analyses*, John Wiley & Sons, Singapore, 2013.
3. N. Atalla, F. Sgard, *Finite Element and Boundary Methods in Structural Acoustics and Vibration*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2015.
4. M. Petyt, *Introduction to finite element vibration analysis*, Cambridge University Press, 1990.
5. J. Blauert, N. Xiang, *Acoustics for Engineers*, Springer, 2008.
6. M. Vorländer, *Auralization - Fundamentals of Acoustics, Modelling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality*, Springer, Berlin, 2008.
7. A.C. Nilsson, B. Liu, *Vibro-Acoustics Volume 3*, Springer, 2016.
8. M. Zuković, PPT Presentations, FTN Novi Sad.

Course: Psychophysiological acoustics
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>In this course, students learn details about sound perception and its impact on humans. The aim is to clearly connect the objective physical characteristics of sound with the subjective experience of individual characteristics of sound. Describe the anatomy and physiology of the sense of hearing. Explain the relationship between acoustic decibel and background, isophone curve and normalized curve of equal noise tolerance, as</p> <p>Explain how the perception of sound is affected by enclosed spaces (the law of the first wavefront) and how the acoustic environment is assessed. Analyze the articulation and perception of speech. Get acquainted with the techniques of testing the quality of voice, speech intelligibility, as well as audiometric testing of hearing. Describe the functions of hearing aids and cochlear implants.</p>
<p>Outcome</p> <p>Students will learn about the sensitivity of the human sense of hearing at certain frequencies in the auditory range. They understand the nonlinearity of perception and differences in objective and subjective characteristics of sound, what and how a person hears, how he distinguishes the level of sound pressure (dB) and frequency content of sound (Hz), how he perceives the direction of the sound source, and how noise affects a person.</p> <p>They will learn the anatomy and physiology of the sense of hearing and how to examine hearing with tonal and speech audiometry. They will understand the role and capabilities of hearing aids and cochlear implants. They will learn how to articulate speech, how to examine voice quality and measure speech intelligibility. The acquired knowledge will make it easier for them to communicate with audiologists, phoniaticians and noise protection experts,</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Sound perception: anatomy and physiology of the auditory senses, auditory area, binaural localization and masking effect. Psycho-acoustics: subjective feeling of volume, pitch and color of sound. Audible area, sound pressure level (dB vs. background), isophone lines. What and how we hear: dB, phoni and soni, dB (A).</p> <p>Impact of noise on humans: sources and spread, noise level and dose, regulations on permissible level, standards and measurement techniques.</p> <p>Speech articulation and perception: acoustic, motor and cognitive aspects, modeling of speech signal production and perception. Examination of voice quality and measurement of speech intelligibility: objective measurement and subjective examination of acoustic characteristics of voice.</p> <p>Hearing test: tonal audiometry (dBHL) and speech audiometry; hearing aids and cochlear implants.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>The practical part of teaching (exercises) takes place in the Laboratory for Acoustics and Speech, as well as in the Audiology Laboratory at the ENT Clinic of the Medical Faculty. Part of the exercises will take place in an anechoic room, which refers to the spatial dimensions of sound, and in the audiology laboratory, the quality of voice will be examined and speech intelligibility will be measured, as well as tonal and speech audiometry.</p>

Litrature

1. B. Babić, Audiology and vestibulology, FASPER Belgrade, 2007.
2. M. Mijić, Audio systems, Academic Thought, Belgrade, 2011.
3. D. Howard, J. Angus, Acoustics and Psychoacoustics, Elsevier, Oxford, 2009.
4. M. Vorländer, Auralization - Fundamentals of Acoustics, Modeling, Simulation, Algorithms and Acoustic Virtual Reality, Springer, Berlin, 2008.
5. Z. Komazec, PPT Presentations, Faculty of Medicine, Novi Sad.

Course: Student entrepreneurship
Status: Compulsory
<p>Aim</p> <p>Student entrepreneurship facilitates the student's transition from academic education to professional practical work of an engineer in accordance with the title obtained after the completion of the study program - master engineer of vibro-acoustic engineering. The educational goal includes gaining direct knowledge of the organization's business in general, with an emphasis on jobs and problems related to various aspects of vibro-acoustics, and the application of acquired knowledge in practice and developing students' awareness of the need to acquire new or specific knowledge in this area.</p> <p>Student entrepreneurship has the following specific goals: introducing students to the activities of the selected company; acquainting students with the way of doing business of the chosen company; introducing students to jobs and / or problems related to various aspects of vibro-acoustics in the selected company; improving the student's ability to successfully apply professional and scientific knowledge and methods in practice; training students to effectively adapt to work processes, work organization and teamwork during upcoming employment; enabling the student to introduce himself to a potential future employer.</p>
<p>Outcome</p> <p>Developed abilities of students for successful application of professional and scientific knowledge and methods in practice. Created awareness and acquired knowledge about practical business procedures, organization and technologies. Ability to effectively adapt to work processes, work organization and teamwork during upcoming employment. Facilitated career decision making.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>It is formed for each candidate separately, in the relationship student - Head of Student Entrepreneurship - management of the organization in which the student entrepreneurship is performed (or authorized supervisor of the student in the company), and in accordance with the needs of the profession and / or issues in vibro-acoustic field.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>It is formed for each candidate separately, in agreement with the Head of Student Entrepreneurship and the management of the company in which the internship is performed (or an authorized student mentor in the organization), and in accordance with the needs of the profession and / or issues in vibro-acoustic field.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. I. Kovacic, M. Zuković, Instructions for Student Entrepreneurship, SENVIBE project, Novi Sad, 2020. 2. Books, technical instructions, scientific papers, and other literature required for the implementation of the student entrepreneurship.

Course: Control of vibrations and vibro-phenomena
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>The educational goal of the course is to acquaint students with the theoretical and practical foundations of methods for passive and active control of vibrations and vibrational phenomena.</p>
<p>Outcome</p> <p>The knowledge acquired within this course enables students to solve specific engineering problems, using appropriate software packages intended for analysis, simulation and synthesis of control systems for the control of vibrations and vibrational phenomena.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Adaptive passive control: effect of the type of damping; effect of the stiffness; effect of the mass; tuned vibration absorber and neutralizers.</p> <p>Active control in closed coupling: systems with one input and one output (transmission function, system response, stability, effect of time delay in the control loop); systems with multiple inputs and outputs (concept of state space, feedback on outputs and states, state estimators and observers, optimal and modal control).</p> <p>Active control in open coupling: systems with one and more inputs and outputs, adaptive control in frequency and time domain, comparison with control in closed coupling.</p> <p>Sensors and actuators for active vibration control.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Introduction to software packages for signal acquisition, system analysis and vibration control; arithmetic tasks; experimental work; examples of solving specific engineering problems.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. A.K. Mallik, S. Chatterjee, Principles of Passive and Active Vibration Control, Affiliated East-West Press, 2014. 6. C.C. Fuller, S.J. Elliott, P.A. Nelson, Active Control of Vibration-Academic Press, 1996. 7. C. Hansen, S. Snyder, X. Qiu, L. Brooks, D. Moreau, Active Control of Noise and Vibration, 2nd Edition-Crc Pr I Llc, 2012. 8. S.M. Veres, M.O. Tokhi, Active Sound and Vibration Control - Theory and Applications-Institution of Electrical Engineers, 2002.

Course: Electroacoustics
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>Introduce all audio devices in the chain from recording, through processing, to sound reproduction. Present electro-acoustic transducers, their operating principles and electro-acoustic characteristics in particular detail. Get acquainted with the principles of designing and installing sound systems for open and closed spaces. Through practical work to get acquainted with audio techniques for sound recording and reproduction, standards and techniques for recording, audio monitoring, analysis, processing and mixing of audio signals.</p>
<p>Outcome</p> <p>Students get to know electro-acoustic transducers (microphones, speakers and headphones), as well as other devices and equipment they encounter when visiting music studios. They learn to measure and analyze the characteristics of electro-acoustic devices, acoustic parameters of rooms, as well as to design, select and install outdoor and indoor sound. They will be able to assess the acoustic ambience in terms of speech intelligibility, music quality, noise levels, as well as to select and set the audio technique for recording speech, music and ambient sound. The acquired knowledge will make it easier for them to communicate with experts from broadcasters and the media, as well as with audio system designers.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Microphones: Acoustic division (pressure, gradient and combined) and directivity characteristic. Electroacoustic characteristics of microphones. Microphone diaphragm operating modes. Electrical division and principles of operation of electrodynamic and condenser microphones.</p> <p>Selection and settings of microphones for recording speech and music: Drama recording, recording of a speech program with several performers, soundstage (effects, noises); Recording of a music program (selection and settings of microphones for recording an orchestra and individual musical instruments); Sound for movie and video.</p> <p>Speakers and headphones: Speaker division; Construction and working principle of the electrodynamic speaker; Electro-acoustic characteristics; Sound systems, drivers, switches, boxes and amplifiers.</p> <p>Funnel speakers; sound groups and sound poles, line and arc sound sources. Audio monitoring.</p> <p>Sound system: design and installation of sound system in open and closed space (systems and settings of speakers and microphones, microphone, audio monitoring, stereo listening zone, home cinema).</p> <p>Stereo presentation and binaural localization. Stereo and surround playback systems. Recording techniques in studios. Multi-channel recording, surround sound (5.1, 7.1, ...). Mix, remix, mastering.</p> <p>Electroacoustic devices: sound technology, measuring devices, filters and amplifiers. Study technique and audio signal processing: audio mixes (audio-visual controls, mixing, filters, level regulation, dynamics and reverberation, echo, panorama, audio monitoring and sound editing, digital audio effects).</p> <p><i>Practical classes</i></p>

Classes were followed by exercises in the Laboratory of Acoustics and Speech Technologies and in the speech study at UNS. A visit was organized to the Radio-Television of Vojvodina and the Berar Studio, where students practically get to know audio technology, music and speech studies, an anechoic room and a drama studio, as well as sound systems.

Literature

1. M. Mijić, Audio systems, Academic Thought, Belgrade, 2011.
2. D. Drincic, P. Pravica, D. Novaković, Fundamentals of Acoustics, VŠERSS, Belgrade, 2018.
3. F.A. Everest, The Master Handbook of Acoustics, McGraw-Hill, USA, 2001.
4. B. Delic, PPT presentations, FTN, Novi Sad.

Course: Monitoring and management in urban environments
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>Introducing students to the structure and functioning of the main utility and infrastructure systems, the way of monitoring work, planning, development and reflection. Acquiring knowledge from modern technologies that aim to optimize the operation of utility systems, as well as the urban environment as a whole, in terms of efficiency, safety, environmental impact and operating costs.</p>
<p>Outcome</p> <p>Ability to identify and solve environmental problems of urban settlements, based on the acquired fundamental knowledge in the field of monitoring, planning and management of complex utility systems.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Parts of complex urban environments, basics of designing communal systems from the aspect of environmental protection, basics of monitoring, indicators of monitoring the quality of work of communal systems, identification of the most sensitive points, reaction in case of emergency situations. Planning the development and maintenance of utility systems, development of action plans, minimization of operating costs in the system. A systematic approach to urban management.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Design, simulation and optimization of utility systems with the application of software.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. P. Wathern, Environmental Impact Assessment, Theory and Practice, Taylor & Francis, 2004. 2. N.P. Chereminisoff, Handbook of Waste and Wastewater Treatment, Butterworth – Neineman, 2002. 3. T.H. Christensen, Solid Waste Technology and Management, John Wiley&Sons, 2011. 4. S. Bogdanovic, S. Nojkovic, A. Vesić, Guide to the Environmental Impact Assessment Procedure, Ministry of Science and Environmental Protection of the Republic of Serbia, 2005.

Course: Structural dynamics
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>The educational goal of the course is to acquaint students with the theoretical and practical foundations of methods for analyzing the dynamic behavior of engineering structures and mechanisms caused by different types of motivation.</p>
<p>Outcome</p> <p>Ability of students to model and analyze the dynamic behavior of structures and mechanisms under the influence of different dynamic motives.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Sources of vibration in structural engineering. Shock as a source of vibration. Vibrations generated by rotating elements: deformations of gear teeth, rotating and reciprocal imbalance, critical shaft speed. Acoustic excitation. Self-excited vibrations: turbine blade flutters, aerodynamically induced bridge movement, brake squeak. Fluid flow vibrations: aerodynamic stability and instability.</p> <p>Dynamic effects on structures. Modeling of dynamic actions and behaviors of structures. Finite element method (FEM) in modeling structures. Dynamic construction models. Some aspects of computer technology relevant to FEM modeling. Principles of problem solving using appropriate FEM software. FEM in dynamic analysis. Numerical methods and procedures in dynamic analysis. Earthquake occurrence, seismic waves and structural response. Numerical modeling of seismic action. Modeling of linear and nonlinear behavior of structures for earthquake action. Structural analysis methods for seismic actions. Principles of seismic design of high-rise buildings.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Design, simulation and optimization of response of various mechanisms and structures with the application of software.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. F. Fahy, P. Gardonio, Sound and Structural Vibration: Radiation, Transmission and Response, Academic Press, 2007. 2. R.D. Blevins, Flow-Induced Vibration, Krieger Pub Co, 2001. 3. I. Kovacic, M.J. Brennan, The Duffing Equation: Nonlinear Oscillators and Their Behaviour, John Wiley&Sons, 2011. 4. R. Clough, J. Penzien, Dynamics of Structures, Computers and Structures Inc, 2010. 5. D. Kovačević, FEM modeling in structural analysis, Građevinska knjiga, Belgrade, 2006.

Course: Audio signal processing
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>The aim of this course is to provide students with fundamental knowledge about modern techniques of audio signal processing and their practical applications.</p>
<p>Outcome</p> <p>A student who successfully masters the material of this course is able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • formally mathematically describe signals; • apply the Fourier transform to analyze the frequency content of the signal on the computer, and explain the meaning of the obtained results; • apply methods for analysis of discrete systems; • understand and apply basic digital audio effects; • designs, implements and analyzes systems based on microphone arrays for beamforming and noise suppression; • uses appropriate software tools for audio signal processing.
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Selection theorem: aliasing, typical frequencies used to digitize audio signals.</p> <p>Audio signal quantization: uniform / non-uniform quantization, law-law and A-law comparator characteristics, quantization error.</p> <p>Discrete systems: properties (stability, causality, linearity, time immutability), convolution.</p> <p>Z-transformation: definition, properties, transfer characteristic of the system.</p> <p>Fourier transform of a discrete signal: definition, properties, frequency characteristic, concept of amplitude and phase spectrum.</p> <p>Discrete Fourier transform: definition, properties, connection with Fourier transform of discrete signal.</p> <p>Time-frequency signal representation: basic concepts, time-frequency resolution, spectrogram, (Short Time Fourier Transform).</p> <p>Digital audio effects: filters, modulators and demodulators, nonlinear systems, spatial effects, virtual analog effects.</p> <p>Classical optimal filtering used in microphone arrays: problem description, Wiener filter, Frost filter, Kalman filter.</p> <p>Conventional techniques for beamforming using microphone arrays: problem description, delay-and-sum approach, fixed beam design, filter with maximum relative signal noise.</p> <p>Adaptive techniques for beamforming using microphone arrays: problem description, adaptive beamforming systems (Wiener, MVDR), (LCMF)).</p> <p>Multichannel noise (noise) suppression in the time domain: problem description, combined diagonalization, optimal filter matrices, spatial linear filtering, optimal filters, performance measurement.</p> <p>Multi-channel noise suppression (noise) in the frequency domain: problem description, mean square error criterion, optimal filters, general structure for lateral lobe suppression.</p>

Application of appropriate software for audio signal analysis (Audacity, Python).

Practical classes

By applying the "flipped-classroom" method, students will watch the appropriate video presentation before the lecture, and the lectures will be used to resolve all doubts left after the video lecture and solve problems that illustrate the concepts presented in the video lessons. The exercises were used for practical work with sound (digital audio effects), as well as with microphone arrays and audio signal processors

Literature

1. M. Secujski, N. Jakovljevic, V. Delic, Digital Signal Processing, FTN, Novi Sad, 2019.
2. U. Zölzer, DAFX: Digital Audio Effects, John Wiley & Sons, Chichester, 2011.
3. P.C. Loizou, Speech Enhancement: Theory and Practice, CRC press, Boca Raton, 2013.
4. J. Benesty, I. Cohen, J. Chen, Fundamentals of Signal Enhancement and Array Signal Processing, John Wiley & ons, Singapore, 2018.
5. N. Jakovljevic, M. Secujski, PPT Presentations, FTN, Novi Sad.
6. N. Jakovljevic, M. Secujski, Video Presentations, FTN, Novi Sad

Course: Acoustic and vibro-acoustic materials
Status: Elective
<p>Aim</p> <p>Acquisition of basic and specific knowledge in the field of materials for noise and vibration control. Knowledge of procedures and methods for obtaining, characterising and optimizing vibro-acoustic materials. Enabling students to select and apply adequate vibro-acoustic materials for various purposes in the field of noise and vibration control.</p>
<p>Outcome</p> <p>Ability to characterize and optimize materials and structures for noise and vibration control.</p>
<p>Syllabus</p> <p><i>Lectures</i></p> <p>Conventional materials for noise and vibration control. Methods for characterization of acoustic and vibro-acoustic materials. Multi-functional porous materials. Acoustic metamaterials. Metastructures. Sonic crystals. 3-D printed structures. Nano-porous materials. Ecological materials for noise reduction.</p> <p><i>Practical classes</i></p> <p>Modeling of vibro-acoustic materials.</p>
<p>Literature</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. P.A. Deymier (Ed.), Acoustic Metamaterials and Phononic Crystals, Springer, 2013. 2. V. Laude, Phononic Crystals: Artificial Crystals for Sonic, Acoustic and Elastic Waves, De Gruyter, 2015. 4. T.G. Hawkins, Studies and Research Regarding Sound Reduction Materials with the Purpose of Reducing Sound Pollution, 2014. 5. H.S. Yang, Outdoor Noise Control by Natural/Sustainable Materials in Urban Areas, School of Architecture, University of Sheffield, 2013.

Prepared by Ivana Kovacic
Novi Sad, 26/05/2020

Approved by the Quality Assurance Group Leader
Sremska Kamenica, 28/05/2020

Approved by Project Coordinator
Novi Sad, 28/05/2020

"This project has been funded with support from the European Commission. This publication [communication] reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein"