

## НАЗИВ ФАКУЛТЕТА ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовао комисију: Декан Факултета техничких наука на основу одлуке НН већа Факултета решењем број 012-199/8-2012 од 01.04.2016.</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ др Србољуб Симић, <i>редовни професор, Механика, 2010, Факултет техничких наука, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду</i>, председник комисије</li> <li>▪ др Михајло Лазаревић, <i>редовни професор, Механика, 2009, Машински факултет, Београд, Универзитет у Београду</i>, члан комисије</li> <li>▪ др Драган Данкуц, <i>редовни професор, Оториноларингологија, 2012, Медицински факултет, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду</i>, члан комисије</li> <li>▪ др Милан Рапаић, <i>доцент, Аутоматика и управљање системима, 2011, Факултет техничких наука, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду</i>, члан комисије</li> <li>▪ др Драган Т. Спасић, <i>редовни професор, Механика, 2005, Факултет техничких наука, Нови Сад, Универзитет у Новом Саду</i>, члан комисије – ментор</li> </ul>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Немања, Илија, Ковинчић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 18.09.1984., Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Мехатроника – мехатроника, роботика и аутоматизација, дипломирани инжењер мехатронике – мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2008. година, Машинство – техничка механика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -</p>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p style="text-align: center;"><b>Механички модел средњег уха са фракционим типом дисипације</b></p>
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл. Докторска дисертација Немање Ковинчића је написана је на 93 стране и садржи 31 слику и 7 табела</p>

у тексту. Дисертација садржи пролог, шест поглавља, девет додатака, као и библиографију која садржи сто двадесет три библиографске јединице.

Прво поглавље представља полазне ставове и започиње са елементима преузетим из анатомије и физиологије уха. У наставку се приказују постојећи модели средњег уха, коментаришу конститутивне једначине које укључују фракционе изводе и наводе примери употребе фракционог рачуна у моделирању биосистема. Ово поглавље се завршава коментаром о нумеричким методама које се користе за решавање система једначина у којима се појављују фракциони изводи.

Друго поглавље бави се реолошком анализом елемента средњег уха. Поглавље започиње методологијом која повезује фракциони Зенеров модел вискоеластичног тела са експериментима типа релаксације напона. Затим се на основу резултата експеримената на људском ткиву преузетих из литературе одређују реолошке константе за предњи лигамент малеуса, тетиву мишића стапеса, тетиву мишића који затеже бубну опну, бубне опне, и ануларног лигамента стапеса. Поглавље се завршава коментаром о добијеним вредностима.

У трећем поглављу генерише се динамички модел средњег уха. На почетку се описују модел и његове основне хипотезе, те систем који се разматра. Затим се уводе координатни системи, декларишу инерцијална својства осикларног ланца, уводе генералисане координате, псеудобрзине, анализира геометрија оптерећења, локална и глобална својства кретања система те деформације штапова који чине систем вешања осикларног ланца. Даље се изводе диференцијалне једначине кретања и то употребом Њутн-Ојлерових аксиома, Кејнових и Гибс-Апелових једначина које се комплентирају изабраним конститутивним једначинама, те се добијени систем преводи у бездимензијску форму. Добијене једначине се линеаризују те се средње ухо посматра као линеарни систем да би се модел кретања осикларног ланца приказао у облику Кошијевог проблема за систем спрегнутих диференцијалних једначина целобројног и фракционог реда. Добијени проблем се помоћу експанзионе формуле Атанацковића и Станковића преводи у еквивалентну али стандардну форму без извода фракционог реда која се може решавати стандардним нумеричким поступцима. Приказује се метод решавања оригиналног Кошијевог проблема помоћу Лапласових трансформација. На крају се дају мере за оцену дисипације енергије у систему средње ухо.

Четврто поглавље садржи приказе резултата и дискусију. Наиме, за изабране вредности реолошких, геометријских и инерцијалних параметара средњег уха, и фиксирану побуду, приказују се генералисане координате, генералисане брзине и трајекторија тачке умбо, те силе у вискоелстичним штаповима којима је осикларни ланац везан за темпоралну кост. Затим се оцењује дисипација енергије и анализирају кретања базе стапеса и умба за различите фреквенције силе побуде. Поглавље се завршава оценом дисипације енергије за различите фреквенције силе побуде.

У петом поглављу кометаришу се могуће примене модела, а у шестом се даје закључак тезе.

Ради прегледности саме тезе, одређени ставови и детаљи су приказани у посебним додацима. Ради се о експлицитној форми уведених матрица трансформација координатних система и њихових извода, векторима положаја карактеристичних тачака осикларног ланца, једничних вектора праваца дејстава сила у вискоеластичним штаповима, геометријским и реолошким параметрима тих штапова, као и параметрима еквивалентног дејства перилимфе на базу стапеса у унутрашњем уху. Посебно се приказују и вектори угаоних брзина и угаоних убрзања стапеса и инкудомалеарног блока, деформације структура средњег уха, псеудобрзине и генералисане силе које одговарају уведеним координатама. Претпоследњи додатак се бави линеаризацијом Гибс-Апелових једначина а последњи експанзионом формулом Атанацковића и Станковића којима се фракциони изводи функције реда између нула и један апроксимирају самом функцијом, њеним изводом и коначним бројем момената те функције.

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

### Докторска дисертација је урађена савесно и врло коректно.

Гледано као целина ова теза представља важан допринос пресеку медицинских и техничких наука. Наиме, у првом поглављу кандидат је пажљиво изабрао публикације на основу којих ће се развити један потпуно нови модел просторног кретања изабраног биолошко-хуманог система - осикларног ланца, који чине два зглобно повезана тела – инкудомалеарни блок и стапес, који се могу кретати у темпоралној шупљини, а чије кретање ограничава систем специјално одабраних вискоеластичних штапова којима се моделирају бубна опна, лигаменти и мишићи који руководе кретањем.

У првој глави приказана селекција описа елемената из анатомије и физиологије уха је врло добро урађена. Образложења којима се из разматрања искључују елементи који се моделирају парцијалним диференцијалним једначинама (бубна опна и ануларни лигамент стапеса), затим претпоставка Шерцера о имобилизацији кретања инкуса у односу на малеус после одређеног доба, захваљујући којој се систем своди на систем са коначним бројем степени слободе, као и начин на који је то урађено, представљају први оригинални допринос тезе.

И друго поглавље садржи нове резултате. Први резултати у моделирању структура средњег уха употребом фракционог Зенеровог модела који укључује изводе произвољног реалног реда, као и ограничења на константе у моделу које су последица другог закона термодинамике, приказани у овом поглављу, објављени су по први пут у раду наведеном под бројем 7 у следећем одељку. Важно је напоменути да је за први приказ резултата тезе на Међународној конференцији о фракционим изводима и њиховим применама, ICFDA10, која је 2010. одржана у Бадахозу, Шпанија, кандидат Немања Ковинчић добио награду за најбољи рад студената докторских студија, видети <http://web.tuke.sk/fda10/awards.html>. Побољшање метода одређивања реолошких константи средњег уха предмет је рада наведеног под бројем 2 у следећем одељку, који је објављен у водећем међународном часопису. С тим у вези је и настала основна хипотеза ове тезе да ће реалнији реолошки модел структура средњег уха допринети реалнијем динамичком моделу кретања тих структура. За проверу хипотезе кандидат је у трећој глави, развијао модел у домену динамике система више тела и применио одговарајуће методе аналитичке механике. У односу на постојеће, знатно поједностављене механичке моделе, моделе засноване на електро-механичким аналозијама и моделе засноване на методи коначних елемената, у тези је коришћен потпуно нов приступ заснован на Њутн-Ојлеровим, Кејновим, Гибс-Апеловим једначинама и Поасоновој теорему, и то за просторно кретање биолошког система који се разматра. Овај приступ укључује геометријска, инерцијална и вискоеластична својства директно, што није случај са претходно наведеним методама. Динамичка анализа кретања и оцена дисипације енергије која се из спољашњег слушног канала преноси ка унутрашњем уху су потпуно коректно урађени. За решавање добијеног Кошијевог проблема кандидат је предложио независна два поступка: метод Лапласових трансформација са нумеричком инверзијом и метод свођења система диференцијалних једначина фракционог реда на стандардну форму система целобројног реда, који је решаван стандардним нумеричким поступцима интеграције обичних диференцијалних једначина. И овај део је урађен коректно, а методолошки гледано ради се о релативно новом приступу. Наиме, употребом 24 момента у експанзионој формули Атанацковића и Станковића, за сваки фракциони извод, за сваку меру деформације и силу у вискоеластичном штапу, као динамички модел средњег уха добијен је Кошијев проблем са 649 једначина првог реда. Својим веома преданим радом кандидат је овај систем успешно решио. Поред тога, добијено решење је упоредио са решењем оригиналног проблема, које је добијено потпуно независним поступком. Слагање ових решења говори у прилог валидности резултата приказаних у четвртој глави тезе.

Резултати приказани на сликама од 4.1 до 4.18 су потпуно оригинални. У дискусији приказаних резултата кандидат је своје добијене резултате повезао са резултатима који су објављени у литератури. Поједине од тих компарација у потпуности оправдавају постављену хипотезу. Наиме, квалитативно слагање предвиђања модела са већ постојећим сазнањима о кретању осикларног ланца говори у прилог предложеног динамичког модела. Идеја да се фракционе конститутивне једначине могу успешно применити и у случају проучавања кретања сложених биолошких система, на тај начин је потпуно верификована.

У закључку своје тезе кандидат наглашава употребу добијених резултата педагошком и клиничком домену, као и у домену биомедицинског инжењерства, посебно у развоју протеза које треба да замене функције елемената средњег уха. С тим у вези је и рад ниже наведен под бројем 3.

Најзад, у прилог валидности тезе, како изабраног модела тако и за анализу кретања примењених метода, говори рад наведен под бројем 1 у следећем одељку.

**VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

1. N. I. Kovincic and D.T. Spasic, Dynamics of a middle ear with fractional type of dissipation, *Nonlinear Dynamics*, (2016), NODY-D-15-01664R1, прихваћено за штампу 28.04.2016., ИФ 2.849
2. D.T. Spasic, N.I. Kovincic, D.V. Dankuc, A new material identification pattern for the fractional Kelvin-Zener model describing biomaterials and human tissues, *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 37 (2016) 193-196, doi: 10.1016/j.cnsns.2016.01.004, ИФ 2.866
3. D.T. Spasić, D.V. Dankuc and N.I. Kovičić, A note on tissue analogues recognition, *Proceedings of The 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics Arandjelovac*, June 15-17, 2015, Edited by: Dragan T. Spasić, Mihailo Lazarević, Nenad Grahovac, Miodrag Žigić, ISBN 978-86-7892-715-7.
4. Nemanja Kovincic, (2013), Three-Dimensional Human Middle Ear Model with Fractional Type of Dissipation Pattern, Presented at GAMM 2013, Annual Meeting of the International Association of Applied Mathematics and Mechanics (84 ; Novi Sad ; 2013).
5. N.I. Kovincic and D.T. Spasic, (2012), Fractional derivative considerations on simplified earthquake dynamics of a column like structure in the presence of dry friction, Presented at FDA12, Nanjing, China.
6. Z.C. Dolicanin, N.I. Kovincic and D.T. Spasic, (2012), Detection of the early glaucoma stage by use of fractional calculus, Presented at FDA12, Nanjing, China.
7. D.V. Dankuc, N.I. Kovincic and D.T. Spasic, (2010), *A new model for middle ear structures with fractional type dissipation pattern*, *Proceedings of FDA'10. The 4th IFAC Workshop Fractional Differentiation and its Applications*. Badajoz, Spain, October 18-20, 2010 (Eds: I. Podlubny, B. M. Vinagre Jara, YQ. Chen, V. Feliu Battle, I. Tejado Balsera). ISBN 9788055304878, Article No FDA10\_156

**VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У дисертацији су приказане две нове примене фракционог рачуна. Прва је у домену моделирања и идентификације реолошких параметара којима се описују вискоеластична својства лигаментна, мишића и влакана хуманих ткива. Друга се односи на структуралне апликације у којима се добијени реолошки модели користе за анализу кретања система чији су део. Изабрани систем на коме су те примене илустроване је средње ухо.

Главни резултати тезе су:

1. избор методологије којом ће се анализирати сложена кретања оскуларног ланца;
2. одређивање вредности параметара реолошких параметара фракционог Зенеровог модела за различите елементе хуманог средњег уха;
3. избор улазних (геометријских и инерцијалних) параметара елемената средњег уха за предложени модел;
4. Кошијев проблем којим се моделира просторно кретање оскуларног ланца и начин на који је тај проблем решаван;
5. модел који се може користити у ресторацијама слушне функције а који квантификује утицај промене инерцијалних, геометријских, или вискоеластичних својстава структура средњег уха на дисипацију енергије од спољашњег слушног канала ка унутрашњем уху.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Комисија сматра да је дисертација написана прегледно и јасно.

Кандидат је брижљиво навео досадашње резултате истраживања у области моделирања средњег уха, примене извода произвољног реалног реда у анализи кретања механичких система са вискоеластичним елементима, и дао прихватљив модел редукције броја степени слободe кретања реалног биолошког система.

Проблем је коректно постављен, предности метода аналитичке механике су препознате, изложени поступци његовог решавања су коректно урађени.

Оригинални резултати су прецизно наведени, а решења су приказана у облику графикона за карактеристичне вредности геометријских, инерцијалних и вискоеластичних параметара. Резултати су тумачени јасно и прегледно. Део резултата покрива већ објављена сазнања о кретању оскуларног ланца.

Употреба добијених резултата у био-медицинском инжењерству и клиничкој пракси је наговештена.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са проблематиком која је наведена у пријави.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе: исцрпан преглед досадашњих резултата, коректан избор биолошких, физичких и математичких модела, као и оригинални ауторов допринос предметној проблематици. Наведена литература је брижљиво одабрана и аутор наводи релевантне резултате у вези са проблематиком коју анализира.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Оригиналан допринос науци ове тезе започиње у другој глави се са само четири физичка параметра коректно моделира вискоеластично понашање различитих хуманих ткива.

Постављени Кошијев проблем, у трећем делу, представља оригинални тродимезијски модел кретања оскуларног ланца и пратећег система вешања тог ланца и потпуно је различит од постојећих.

Решења приказана у четвртом делу су добра илустрација да Механика на основу релативно једноставних реолошких експеримената може добро да предвиди кретања сложених структура, а што је њен основни смисао.

Резултати ове дисертације пружају нове могућности, како на пољу истраживања аналогних ткива која би рестаурирале функције људских ткива, тако и на избор протеза којима би се неупотребљиви елементи оскуларног ланца заменили елементима од биоматеријала и то уз процену утицаја њихових геометријских и инерцијалних својстава.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Дисертација нема недостатака.

**X ПРЕДЛОГ:**

- На основу укупне оцене дисертације коју је урадио Немања Ковинчић, дипломирани инжењер мехатронике – мастер, Комисија предлаже одговарајућим телима Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду да се докторска дисертација прихвати, и да се кандидату одобри одбрана докторске дисертације.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

др Србољуб Симић, *редовни професор*  
*Факултет техничких наука*  
*Универзитет у Новом Саду*  
председник комисије

---

др Михајло Лазаревић, *редовни професор*  
*Машински факултет, Београд*  
*Универзитет у Београду*  
члан комисије

---

др Драган Данкуц, *редовни професор*  
*Медицински факултет*  
*Универзитет у Новом Саду*  
члан комисије

---

др Милан Рапаић, *доцент*  
*Факултет техничких наука*  
*Универзитет у Новом Саду*  
члан комисије

---

др Драган Т. Спасић, *редовни професор*  
*Факултет техничких наука*  
*Универзитет у Новом Саду*  
члан комисије – ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.