

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1428/6
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)25.08.2016.
(Датум)

З А Х Т Е В
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

ХИБРИДИЗАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ РОТАЦИОНОГ СИСТЕМА ВИСОКИХ ПЕРФОРМАНСИ

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Опште машинске конструкције

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: НЕБОЈША (БОРО) КОСАНОВИЋ2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2011.Обавештавамо Вас да је _____
Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 25.08.2016
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 1428/6
Датум: 25.08.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Небојше Косановића**, маст. инж. маш., бр. 1428/1 од 17.06.2016. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милосав Огњановић, ред. проф., др Марко Милош, ванр. проф., др Божидар Росић, ред. проф., др Милета Ристивојевић, ред. проф. и др Снежана Ћирић Костић, доц., Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, број 1428/5 од 23.08.2016. године, а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 63. Статута Машинског факултета (број 1876/1 од 04.10.2013. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 25.08.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **НЕБОЈША КОСАНОВИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«ХИБРИДИЗАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ РОТАЦИОНОГ СИСТЕМА ВИСОКИХ ПЕРФОРМАНСИ»**.

За менторе студенту **Небојши Косановићу**, именују се др Милосав Огњановић, ред. проф. и др Марко Милош, ванр. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата за израду докторске дисертације студента докторских студија **Небојше Косановића**

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета бр. 1428/3 од 14.07.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата, студента докторских студија **Небојше Косановића** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом

Хибридизација конструкције ротационог система високих перформанси

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Небојша Косановић је рођен 10.02.1986. године у Вировитици, Р. Хрватска. Основну школу је завршио у Смедереву 2001. године, где уписује и средњу техничку школу, смер – Електротехничар аутоматике, коју завршава 2005. године. Студије на Машинском факултету у Београду уписао је 2006. године. Основне академске студије завршио је 2009. године. Исте године уписује Мастер академске студије које завршава 2011. године одбраном мастер рада „Студија изводљивости соларне беспилотне летелице“ са оценом 10.

Докторске студије је уписао 2011. године на Машинском факултету у Београду после чега се запослио у Иновационом центру Машинског факултета као истраживач сарадник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја. Као студент Докторских студија и сарадник на пројекту, ангажован је у настави на предметима Софтверски алати у дизајну и Хибридни технички системи. У међувремену је положио све испите предвиђене програмом Докторских студија. Аутор је четири публикована научна рада.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Небојша Косановић се уписао на Докторске студије Машинског факултета – Универзитета у Београду, школске 2011/2012 године и по програму ових студија, током прва четири семестра остварио је следеће резултате.

ЕСПВ	Прва година		Друга година	
	I сем.	II сем.	III сем.	IV сем.
5	Виши курс математике проф. др С. Радојевић оцена: 9 (девет)	Одабрана поглавља из механике проф. др. Ј. Вуковић оцена: 10 (десет)	Аеродинамика ротора хеликоптера проф. др Ч. Митровић оцена: 10 (десет)	Истраживање и публикавање 4 проф. др М. Огњановић оцена: 10 (десет)
5	Нумеричке методе проф. др М. Спалевић оцена: 9 (девет)	Интегрисани технички системи - актуатори проф. др М. Милош оцена: 10 (десет)	Развој производа у машинству проф. др М. Огњановић оцена: 10 (десет)	Пројекат идеје докторске дисертације проф. др М. Огњановић проф. др М. Милош проф. др Б. Росић оцена: 10 (десет)
5	ОМНИР и комуникација проф. др М. Недељковић оцена: 10 (десет)	Методе испитивања структура проф. др М. Огњановић оцена: 10 (десет)	Истраживање и публикавање 3 проф. др М. Милош оцена: 10 (десет)	
5	Осцилације механичких система проф. др З. Митровић оцена: 8 (осам)	Истраживање и публикавање 2 проф. др Б. Јојић оцена: 10 (десет)		
10	Истраживање и публикавање 1 проф. др Б. Јојић оцена: 10 (десет)			
Укупно ЕСПВ	5+5+5+5+10=30	5+5+5+15=30	5+5+20=30	8+22=30
Просечна оцена				
Напомена: кандидат је положио 4 обавезна, 5 изборних и 4 предмета везана за истраживања и публикавања и одбранио је Пројекат идеје докторске дисертације.				

Од октобра 2012. запослен у Иновационом центру машинског факултета у Београду на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије „Космички транспортни системи ниске цене“ – ТР-35044 под руководством проф. др Марка Милоша.

Списак објављених радова

- [1] Nenad Kolarević, Vuk Antić, Nebojša Kosanović: *Aerodynamic Characteristics of Subsonic Wind Tunnel*, - International symposium for students with papers from mechanical engineering (SRMA), held in Vrnjačka Banja 2011.
- [2] Vuk Antić, Nenad Kolarević, Nebojša Kosanović: *Design of light aircraft truss fuselage*, - International symposium for students with papers from mechanical engineering (SRMA), held in Vrnjačka Banja 2011.

- [3] Nebojša Kosanović, Nikola Davidović, Predrag Miloš, Branislav Jojić, Marko Miloš: *Monitoring of engine parameters in tip-jet helicopter tests*, -Proceedings of the 30th Danubia-Adria Symposium on advances in experimental mechanics, held in Primošten, Croatia, pp. 266-267, 2013.
- [4] N. Kolarević, N. Kosanović, M. Miloš: *Tip-jet helicopter propulsion system testing*, - Proceedings of KOD-2016 - Balatonfüred, Hungary, pp. 221-224, June 2016.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Небојша Косановић је положио све испите предвиђене програмом Докторских студија са одличним успехом и по овом основу стекао је услов да му се одобри израда докторске дисертације. Резултати остварених истраживања у којима је учествовао и резултати објављених радова, квалификују га за одобравање даљег рада на предложеној теми. Осим тога је Н. Косановић током рада на пројекту Министарства и другим, ушао у проблематику пројектовања и конструисања структура сложене геометрије и кинематике. У значајној мери је конструкционо разрадио решења која га очекују током рада на предложеној дисертацији.

2. Предмет и циљ истраживања

Предложена тема је у области инжењерског дизајна и подразумева иновативни развој техничких система хибридне структуре која укључује механичку структуру, хидраулику, електронику и софтвер са менталном интеракцијом корисника. Методе и алати у инжењерском дизајну подразумевају стварање корелације између подручја функција (F), подручја структура (S) и подручја понашања (B) техничког система. Корелацију ових чинилаца који дефинишу технички систем (TS) односно производ (P) илуструје F-B-S модел [1-3]. У односу на овај модел трансформација функције (F) у структуру (S), представља инжењерски дизајн за функцију (*Function-based Design*). Овај приступ и опште познати линијски модел инжењерског дизајна је стандардизован VDI нормама. Даљи развој метода у инжењерском дизајну усмерен је на подизање нивоа квалитета рада и својстава. Стандардизован је V-модел који подржава овај приступ назван *Property-based Design*, а оријентисан на релацију B-S у F-B-S моделу. Трећи ступањ овог развоја подразумева укључивање вештачке интелигенције и интеракцију са когнитивним функцијама корисника и значајно проширење подручја функција постојећих система. Оријентисан је на F-B релацију у F-B-S моделу и подразумева *Effect-based Design* [4]. Предложена тема треба поред осталог да подржи и унапреди развој овог приступа у инжењерском дизајну.

Предмет истраживања ове дисертације подразумева рад у сва три наведена подручја и то развој структуре за дату функцију (*Function-based Design*), затим развој потребних својстава система (*Property-based Design*) и на крају хибридизацију с циљем да се постигну ефекти (*Effect-based Design*) тј. високе перформансе у остваривању функције и у понашању система. За ту сврху изабран је пример развоја ротора беспилотног хеликоптера. Подручје функција овог ротора је комплексно и осим ротационог кретања чини га скуп функција које обезбеђују све слободе кретања лопатица у задатим границама у простору. Осим слобода кретања, оптерећења ове структуре су висока и променљива, а морају се пренети преко бројних веза, зглобова и граничника. Тиме се отварају питања везана за својства везана за поузданост у раду, динамичку стабилност и др. Проширено подручје функције у смислу даљинског управљања (без пилота) подразумева хибридизацију која треба да оствари ефекте даљинског управљања. Развој хибридне конструкције је још једно од важних подручја рада и истраживања у овој дисертацији. Сва три ужа подручја наведена заједно су: **развој структуре** за комплексну кинематику, **развој својстава** за оштре услове рада и **развој хибридних ефеката**. Сва три заједно чине високе перформансе ових система.

Развој структуре за реализацију подручја функција треба најпре да обухвати апстрактну разраду структуре функција ротационог система за коју варијанте конструкцијског решења треба да буду дефинисане. За роторску главу хеликоптера, структура функција подразумева идентификацију свих слобода кретања и ограничења ових кретања за сваку лопатицу посебно укључујући релативни однос њихових кретања и роторске главе у целини. Томе треба да претходи систематска анализа и дефинисање кинематике свих функционалних целина роторског система. За дефинисане функције односно кретања, следи разрада начина извршавања функција. Међусобне везе ради остваривања релативног кретања подразумевају примену различитих врста цилиндричних и сверних зглобова остварених применом различитих врста завртањских веза, ослањања посредством лежаја, осовиница и сличних решења. За реализацију специфичних односа кретања очекују се и конструкцијска решења за извршавање функција која до сада нису била у примени. Надаље функције остваривања (актуације) ових кретања треба да за даљинско управљање буду остварена на иновативан начин. Управљање и контрола актуаторског система треба принципски да буде разрађена. Очекује се да концепцијска структура ротора беспилотног хеликоптера буде дата у више варијантних решења. Избор оптималне варијанте треба да буде остварен на бази анализе на основу техничких и економских показатеља квалитета сваке од њих. За изабрану варијанту треба да уследи развој конструкције који треба да обухвати развој облика и димензија лопатица, облика и димензија покретних и непокретних веза и спојева. Конструкцијска решења треба да буду развијена у варијантама од којих се оптималне бирају и укључују у даљу разраду. Развијени тродимензионални модел ротора треба да омогући симулацију и верификацију предвиђених кретања која треба да буду подлога за добијање конструкције високих перформанси.

Развој својстава подразумева добијање радних својстава роторског система високог нивоа за предвиђене радне услове. Под појмом ових својстава подразумева се висока носивост, висока поузданост у раду, повољна динамика у погледу поремећајних сила, вибрација и буке, мала маса, потребна чврстоћа и крутост итд. За ту сврху декомпонује се развијено конструкцијско решење у складу са V - моделом на којем се заснива развој својстава. Декомпоновање се остварује до нивоа базних компонената, веза и спојева. Паралелно се декомпонују укупна и жељена својства и показатељи квалитета рада система. То се односи и на оптерећења, поузданост у раду, вибрације и др. На нивоу компонената и спојева остварује се анализа геометрије и толеранција, анализа напона и деформација односно крутости, уравнотежење сила ротационих и других маса, као и анализе других потребних утицаја и величина. Нумеричке и експерименталне анализе динамичких карактеристика компонената (облици осциловања и сопствене учестаности) у корелацији са побудним поремећајима, су од изузетног значаја да добијање конструкције повољних динамичких својстава. Ове анализе су основа за оптимизацију геометрије, чврстоће материјала, термичког третмана, заштите и др., а ради добијања жељених односно потребних својстава која обезбеђују високе перформансе ротационог система. За ову сврху треба да буде укључен широк спектар метода и приступа за анализу стања и интегрисање декомпоноване конструкције и својстава у складу са другом граном V – дизајн модела.

Развој ефеката је целина односно предмет рада у оквиру ове дисертације које подразумева спрезање механичке структуре са хидрауличком, затим са електронским компонентама управљања као и са софтвером у интеракцији са менталним функцијама корисника у даљинском управљању. Ефекти се огледају високом нивоу перформанси које омогућују даљинско управљање, а структура постаје хибридлизована да би могла да обезбеди ове ефекте. Осим тога повољни радни ефекти и високе перформансе су резултат и одговарајуће структуре (механичке, хидрауличке, електрично-електронске и софтверске) која обезбеђује поуздану спрегу и повољан одзив управљачких величина. Добијени ефекти могу се идентификовати одговарајућим симулацијама или испитивањем израђеног прототипа.

Референтна литература:

- [1] Gero J.: *Creativity, emergence and evaluation in design*, - Knowledge based systems, 1996 9, pp 435-448.
- [2] Gero J. S., Kannengiesser U.: *The situated function-behavior-structure framework*, -Design Studies, 25(4), 2004, pp 373-391.
- [3] Kannengiesser U., Williams G., Gero J.: *What do the concept generation techniques of TRIZ, morphological analysis and brainstorming have in common*, - e-Proceedings of the International Conference on Engineering Design – ICED-13, Seoul-Korea 2013. (ID-506).
- [4] Ognjanović M.: *Inovativni razvoj tehničkih sistema*, - Mašinski fakultet Beograd 2014.
- [5] Camba D. J., Contero M., Company P.: *Parametric CAD modeling – An analysis of strategies for design reusability* – Computer-Aided Design, Vol. 74, 2016, pp. 18-31.
- [6] Fernandes J., Henriques E., Silva A., Moss A. M.: *Requirements change in complex technical systems: an empirical study of root causes* – Research in Engineering Design, Vol. 26, 2015, pp. 37-55.
- [7] Kim E. J., Kim K. M.: *Cognitive styles in design problem solving: Insights from network-based cognitive maps* – Design Studies, Vol. 40, 2015, pp. 1-38.
- [8] Chulvi V., Gonzalez-Cruz M., Mulet E., A.-Zambrano J.: *Influence of the type of idea-generation method on the creativity of solutions*, -Researches in Engineering Design (2013), Vol. 24, pp 33–41.
- [9] Krehmer H., Meerkamm H., Wartack S.: *Monitoring a property based product development - from requirements to mature product* - e-Proceedings of the International Conference on Engineering Design – ICED-11- Copenhagen;
- [10] Liu, S., Boyle, M.: *Engineering design: perspectives, challenges, and recent advances* - Journal of Engineering Design, Vol. 20, 2009, pp. 7-19.
- [11] He Bin, Zhang Pengchang, Wang Jun: *Automated synthesis of mechanisms with consideration of mechanical efficiency*, -Journal Of Engineering Design, 2014, Volume: 25, Issue: 4-6, pp 213-237.
- [12] Masataka Yoshimuraa, Masaki Hasuike, Tomoyuki Miyashita, Hiroshi Yamakawa: *Evaluation of industrial machine design improvement ideas using characteristic-based hierarchical optimization strategies*, Journal of Engineering Design, 2013, Vol. 24, No. 11, pp 794–813.
- [13] Yuo-Tern Tsai, Kuan-Hong Lin, Yung-Yuan Hsu: *Reliability design optimization for practical applications based on modelling processes*, Journal of Engineering Design, 2013, Vol. 24, No. 12, Pages: 849–863.
- [14] Raymond Holt, Catherine Barnes.: *Towards an integrated approach to “Design for X”: an agenda for decision-based DFX research*, Research in Engineering Design, 2010, Volume 21, Number 2, Page 123.
- [15] Andreas Büter, Elmar Breitbach: *Adaptive Blade Twist – calculations and experimental results*, Aerospace Science and Technology, Volume 4, Issue 5, July 2000, Pages 309-319.
- [16] Mark Voskuijla, Michel J.L. van Tooren, Daniel J. Walker, *Condition-based flight control for helicopters: An extension to condition-based maintenance*, Aerospace Science and Technology 42 (2015) Pages: 322–333.
- [17] Wang Jiana, Wang Haowen, Wu Chao: *Development of swashplateless helicopter blade pitch control system using the limited angle direct-drive motor (LADDM)*, - Chinese Journal of Aeronautics, (2015), 28(5) Pages: 1416–1425.
- [18] Andrzej, T., Jarosław, G.: *Experimental Modal Analysis of a Rotor with Active Composite Blades*, Composite Structures (2016), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.06.013>
- [19] F. Viganò, A. Manes, M. Giglio, U. Mariani: *Failure analysis of a composite main rotor helicopter hub*, Engineering Failure Analysis 18 (2011) Pages: 97–109.
- [20] Manfred Imiela: *High-fidelity optimization framework for helicopter rotors*, Aerospace Science and Technology 23 (2012) Pages: 2–16.

- [21]Debbie Leusink, David Alfano, Paola Cinnella: *Multi-fidelity optimization strategy for the industrial aerodynamic design of helicopter rotor blades*, - Aerospace Science and Technology 42 (2015) Pages: 136–147.
- [22]Jefferson Allred, Mark R. Jolly, Gregory D. Buckner: *Real-time estimation of helicopter blade kinematics using integrated linear displacement sensors*, Aerospace Science and Technology 42 (2015) Pages: 274–286.

Приказана референтна литература илуструје стање истраживања у области инжењерског дизајна и у области која је у вези са конструкцијом, испитивањем и радом ротора и компонената ротора хеликоптера. Истраживање треба да се надовеже на резултате у области инжењерског дизајна с циљем да се дефинише методологија иновативног развоја сличних структура ротационих система као и да се подигне ниво својстава и перформанси ових система применом поред осталог и принципа хибридизације. Други скуп радова који се односи на роторе хеликоптера приказује стање истраживања у области ових структура. Резултати ове дисертације треба да се надовежу на резултате приказане у овим радовима тако да чине корак даље у развоју и усавршавању ових система.

3. Полазне хипотезе

Полазне претпоставке (хипотезе) ове дисертације леже у актуелним основама развоја инжењерског дизајна и иновативног развоја техничких система. Актуелни тренд подразумева проширење подручја функција, проширење подручја иновативних структура и подизање нивоа и проширење подручја понашања иновативних техничких система. Пошто је тренд развоја и проширења подручја функција као и нових структура, у стагнацији, повећање нивоа понашања и радних ефеката заснован је на принципу хибридизације тј. спрезања различитих области и принципа извршавања функција, посебно на примени софтверских решења и вештачке интелигенције. У том смислу полазне хипотезе ове дисертације су следеће:

- Иновативни развој техничких решења заснован је на трансформацији функција у структуру, на подизању нивоа својстава постојећих и нових система и на постизању нових ефеката и понашања код постојећих система. Коришћењем ова три приступа (аспекта) инжењерског дизајна доћи до иновативног техничког решења које ће у што вишем степену представљати унапређење постојећих.
- Хибридизација је актуелни тренд развоја техничких система заснован на спрезању механичких, електронских и софтверских структура. На овај начин се остварују високе перформансе техничких решења, остварују ефекти вештачке интелигенције и спрега са менталним функцијама корисника.
- Иновативни развој техничких система подразумева систематску интеракцију метода и приступа, аналитичких, нумеричких и експерименталних. Експериментална испитивања развијене структуре верификују резултате рада, откривају недостатке и подстичу даље усавршавање.

4. Научне методе истраживања

Заједничко за наведене хипотезе истраживања је синхронизована и свеобухватна примена различитих метода како за иновативни развој овог техничког система тако и за идентификацију перформанси и квалитета остваривања његових функција. То су методе инжењерског дизајна оријентисане иновативном креирању конструкције, нумеричке методе оријентисане идентификацији својстава и експерименталне методе оријентисане такође идентификацији својстава и перформанси развијеног техничког система.

- Комплекс метода инжењерског дизајна: Методе трагања за идејама и решењима; Методе трансформације функције у структуру; Методе развоја својстава за потребна ограничења; Методе интегрисања и свеобухватног (холистичког) приступа, Методе повратног инжењерства, Методе симулације кретања, оптимизације параметара и др.
- Нумеричке методе: Методе за анализу стања напона и деформација; Методе за одређивање модалних параметара и анализу динамике структуре и сл.
- Експерименталне методе: Методе за испитивање прототипа у лабораторијским условима; Методе за мерење показатеља радних својстава, оптерећења, вибрација и сл.; Методе испитивања компонената у лабораторијским условима.

5. Очекивани научни доприноси

Научни допринос ове дисертације треба да се односи на унапређењу методологије инжењерског дизајна као и приступа и методологије за развој одређене класе техничких система. У том контексту треба да је део општих и глобалних трендова развоја инжењерског дизајна ради иновативног развоја техничких система и унапређења технике и технологије. Осим тога треба да резултује иновативним решењем изабраног примера за верификацију предложене методологије. Очекивани научни допринос се може представити кроз следеће целине.

- Процедура трансформације функција кретања (комплексне кинематике) лопатица ротора у механичку структуру – у концепцијско решење главе ротора хеликоптера.
- Процедура трансформације концепције у конструкцију ротационог система сложене кинематике у конструкцију.
- Процедура одређивања побудних и сопствених учестаности компонената ротора и њиховог међусобног усклађивања ради минимизације вибрација.
- Модел даљинског управљања кретањем и променом положаја укључујући спрезање механичке, хидрауличке и електронске структуре, као и софтвера за реализацију сложене кинематике.
- Робусни и аксиоматски дизајн зглобова и других веза заснован на коришћењу нумеричких анализа стања напона у деловима споја.
- Дизајн за малу масу (Lightweight design) роторских система комплексне кинематике.
- Процедура и резултати експерименталне верификације функције и чврстоће развијеног ротора.

6. Очекивани стручни допринос

Ова дисертација се реализује у оквиру пројекта развоја беспилотног хеликоптера те су резултати представљају део овог пројекта. У том смислу стручни допринос дисертације представља конструкцијско решење хибридног ротора и огледа се у следећем.

- Иновативно решење хибридног ротора (даљински управљаног посредством софтвера)
- Оптимизирана (минимизирана) маса главе ротора хеликоптера, а која се може применити приликом развоја сличних структура.
- Израчуната оптерећења и напони и проверена сигурност и поузданост зглобова и других веза и спојева главе ротора.
- Усклађене релације побуде и сопствених учестаности и минимизиран ниво вибрација.

7. План истраживања и структура рада

План истраживања обухвата широк скуп систематских теоријских и практичних експерименталних активности. Могу се разврстати у следеће фазе.

- *Прва фаза:* Преглед доступне литературе у циљу налажења корисних информација за поменути предмет истраживања и анализа постојеће конструкције и резултата испитивања. Развој конструкције главе ротора беспилотног хеликоптера не само да мора бити изведена применом научних метода инжењерског дизајна већ кроз овај процес треба да буде унапређена и обогаћена методологија инжењерског дизајна.
- *Друга фаза:* Конструисање оптималне структуре на основу задатих функција и граничних услова. Ова фаза подразумева систематску анализу и развој структуре функција ротационог система, затим трансформацију ове структуре у варијантна концепцијска решења уз избор оптималне варијанте. Иза тога следи варијација конструкцијских решења зглобова и других веза и спојева до формирања финалног конструкцијског решења.
- *Трећа фаза:* Формирање 3Д модела облика и нумеричког модела за прорачун чврстоће и крутости критичних делова структуре. У првом кораку одређују се оптерећења, а затим применом МКЕ одређују напони и деформације који се варијацијом облика и димензија уводе у оптималне границе. Одређивањем кључних конструкцијских параметара улази се у примену аксиоматског приступа у избору осталих конструкцијских параметара. На овај начин се остварује оптимизација структуре са становишта смањења масе (Lightweight design) и задовољења жељеног напонског стања.
- *Четврта фаза:* Израда документације и израда прототипа развијеног ротора беспилотног хеликоптера. Следи испитивање прототипа са мерењем показатеља стања (оптерећења, напона, деформација, вибрација, буке,...), исправности и квалитета извршавања функција свих зглобова, веза, спојева и телова.
- *Пета фаза:* Симулација слобода кретања на 3Д моделу за симулацију. Упоређење са експерименталним резултатима, анализа остварених резултата и унапређење модела. Упоређивање измерених и вредности и добијених мерењем односно испитивањем прототипа. Корекције конструкције по потреби.

Током наведених фаза које су оријентисане према добијању иновативног конструкцијског решења ротора беспилотног хеликоптера, развијаће се процедуре и модели предвиђени у одељку о очекиваним научним доприносима. У складу са процедуром добијања научних резултата треба да буде и структура дисертације. Ова структура неће следити процес развоја конструкцијског решења већ у већем делу процедуру унапређења методологије инжењерског дизајна. Пошто је и конструкцијско решење иновативно оно ће у структури рада бити пратећи пример и подлога за верификацију научних доприноса.

7. Закључак и предлог

Претходно дати приказ показује да је студент Докторских студија Небојша Косановић успешно положио све испите предвиђене програмом докторских студија и објавио одговарајуће научне радове. Тиме је стекао услов за одобравање теме за израду докторске дисертације. Предложена тема, коју је одбранио у виду Пројекта идеје дисертације, по свом садржају и циљевима, полазним хипотезама, методама истраживања и очекиваним (могућим) научним доприносима, може да се реализује као успешна докторска дисертација. Тема по свом садржају и циљевима одговара ужој научној области за **Опште машинске конструкције – дизајн у машинству** за коју је матичан Машински факултет. На основу ових чињеница, Комисија предлаже да се Небојши Косановићу, студенту Докторских студија Машинског факултета, одобри тема Докторске дисертације под називом

Хибридизација конструкције ротационог система високих перформанси

За ментора Дисертације предлаже се др **Милосав Огњановић**, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду и др **Марко Милош** ванредни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Милосав Огњановић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Марко Милош,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Божидар Росић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Проф. др Милета Ристивојевић,
Универзитет у Београду, Машински факултет

Доц. др Снежана Тирић Костић,
Универзитет у Крагујевцу,
Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Милосав Огњановић**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ognjanovic M., Benur M. (2011) Experimental Research for Robust Design of Power Transmission Components, Meccanica, 46 (2011) 4, pp 699-710, ISSN 0025-6455 (IF=0,892), DOI: 10.1007/s11012-010-9331-y , **M21**
2. Ognjanovic M., Ciric Kostic S. (2012) Gear Unit Housing Effect on the Noise Generation Caused by Gear Teeth Impacts, – Journal of Mechanical Engineering, 58 (2012) 5, pp 327-337. ISSN 0039-2480 (IF=0,883), DOI:10.5545/sv-jme.2010.232, **M22**
3. Ognjanovic M., Milutinovic M. (2013) Design for Reliability Based Methodology for Load Capacity of Automotive Gearbox Identification, - Journal of Mechanical Engineering, Vol. 59 (2013) No. 5, pp 311-322, ISSN 0039-2480 (IF=0,883) DOI:10.5545/sv-jme.2012.769 **M22**
4. Ognjanovic M., Ristic M., Zivkovic P. (2014) Reliability for Design of Planetary gear Transmission Units, Meccanica, 49 (4), pp 829-841, ISSN 0025-6455 (IF=1,747), DOI 10.1007/s11012-013-9830-8, **M21**
5. Vasin S., Ognjanović M., Miloš M. (2015) Wind turbine with continual variation of transmission ratio – design and testing methodology, - Proceedings of the Romanian Academy Series A-Mathematics Physics Technical sciences Information Science, No.2 / 2015, pp 184-192 . ISSN 1454-9069, IF 1,658 - **M21**

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: **Марко Милош**

Звање: **Ванредни професор**

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Todic I., Milos M., Pavisic M. (2013), Position and Speed Control of Electromechanical Actuator for Aerospace Applications, - Technical Gazette, vol. 20 br. 5, str. 853-860, ISSN 1330-3651 (IF=0,615), UDC/UDK 629.735.036.7-35:681.515.8]:519.876.5, **M23**
2. Nauparac D., Prsic D., Milos M., Todic I. (2015), Different Modeling Technologies of Hydraulic Load Simulator for Thrust Vector Control Actuator, - Technical Gazette, vol. 22 br. 3, str. 599-606, ISSN 1330-3651 (IF=0,464), DOI: 10.17559/TV-20140621063240, **M23**
3. Vasin S., Ognjanović M., Miloš M. (2015) Wind turbine with continual variation of transmission ratio – design and testing methodology, - Proceedings of the Romanian Academy Series A-Mathematics Physics Technical sciences Information Science, No.2 / 2015, pp 184-192, ISSN 1454-9069 (IF 1,658), **M21**
4. Davidovic N., Milos P., Jojic B., Milos M. (2015), Contribution to Research of Spoiler and Dome Deflector TVC Systems in Rocket Propulsion, - Technical Gazette, vol. 22 br. 4, str. 907-915, ISSN 1330-3651 (IF=0,464), DOI: 10.17559/TV-20140621063849, **M23**
5. Milos P., Davidovic N., Jojic B., Milos M. (2015), A Novel 6 Dof Thrust Vector Control Test Stand, Technical Gazette, vol. 22 br. 5, str. 1247-1254, ISSN 1330-3651 (IF=0,464), DOI: 10.17559/TV-20140621064603, **M23**

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
