

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

1033/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)23.06.2016.
(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

ГЛОБАЛНИ МИНИМУМ ВРЕМЕНА КРЕТАЊА МЕХАНИЧКИХ СИСТЕМА СА
ОГРАНИЧЕНИМ УПРАВЉАЊИМА И РЕАКЦИЈАМА ВЕЗА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Механика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: РАДОСЛАВ (ДАНИЛО) РАДУЛОВИЋ2. 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 23.06.2016
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: 1033/5
Датум: 23.06.2016. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Радослава Радуловића**, дипл. инж. маш. - мастер, бр. 1033/1 од 05.05.2016. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Драгомир Зековић, ред. проф., др Александар Обрадовић, ред. проф., др Никола Младеновић, ред. проф., др Зоран Стокић, ванр. проф. и др Славиша Шалинић, ванр. проф., Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, број 1033/4 од 16.06.2016. 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 23.06.2016. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **Радослав Радуловић**, дипл. инж. маш.- мастер испуњава услове за израду докторске дисертације **«ГЛОБАЛНИ МИНИМУМ ВРЕМЕНА КРЕТАЊА МЕХАНИЧКИХ СИСТЕМА СА ОГРАНИЧЕНИМ УПРАВЉАЊИМА И РЕАКЦИЈАМА БЕЗА»**.

За менторе студенту **Радославу Радуловићу**, именују се др Драгомир Зековић, ред. проф. и др Александар Обрадовић, ред. 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 **Радослава Д. Радуловића** за израду докторске дисертације

На основу Захтева за одобрење теме докторске дисертације број 1033/1 од 05. маја 2016. године који је поднео кандидат **Радослав Д. Радуловић, дипл. инж. маш. –мастер**, студент Доктрских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, сагласности Катедре за механику број 1033/2 од 20. маја 2016. године и Одлуке Наставно научног већа Машинског факултета у Београду број 1033/3 од 02. јуна 2016. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

„Глобални минимум времена кретања механичких система са ограниченим управљањима и реакцијама веза“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1 Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Радослав Радуловић рођен је 24. маја 1986. године у Пећи. Након завршене основне и средње школе у Београду, на Машинском факултету Универзитета у Београду завршио је Основне академске студије. На истом факултету завршио је и Дипломске академске (мастер) студије на модулу за Ваздухопловство са просечном оценом 10,00. Као један од најбољих студената Машинског факултета добијао је Похвале током студија поводом Дана Машинског факултета за изванредан успех. Такође, био је стипендиста Фонда за младе таленте Републике Србије „Доситеја“, као и стипендиста Фондације Републике Србије за младе таленте.

Из предмета Катедре за механику на Основним и Дипломским академским студијама, имао је следеће оцене: Механика 1–10, Механика 2–10, Механика 3–10 и Механика М–10.

Кандидат Радослав Радуловић 2011. године уписао је Докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду. Положио је све испите предвиђене Програмом усавршавања са просечном оценом 10,00. Кандидат је такође положио и шест допунских испита из групе предмета Катедре за механику са просечном оценом 10,00. На међународном конгресу Српског друштва за механику који је одржан у Врњачкој Бањи 2013. године кандидат Радослав Радуловић награђен је престижном наградом „Растко Стојановић“ која се додељује младим истраживачима за самостално објављен и изложен научни рад [7*] у коме је дао допринос при одређивању глобалног минимума времена при брахистохроном кретању холономног механичког система.

Од 24. маја 2012. године кандидат је запослен као асистент на Машинском факултету Универзитета у Београду на Катедри за механику.

Осим напредног познавања програма из пакета Microsoft Office, кандидат такође поседује искуство у програмирању (Mathematica, Matlab, FORTRAN, C++) као и употреби CAD/CAE софтверских пакета за анализу и пројектовање (CATIAV5, Pro/ENGINEER, PATRAN/NASTRAN, ANSYS, SolidWorks, AutoCAD, CorelDRAW). Кандидат се активно служи енглеским језиком (читање, писање и комуникација).

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Преглед положених испита

У оквиру Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат Радослав Радуловић положио је све испите предвиђене Програмом усавршавања са просечном оценом 10,00 који обухвата обавезне испите: Виши курс математике-10, Нумеричке методе-10 и ОМНИР и комуникација-10, Одабрана поглавља из механике-10, изборне предмете: Аналитичка механика-10, Стабилност кретања система-10, Динамика система крутих тела-10, Механика континуума-10, Механика нехолономних система-10. Кандидат је такође положио и шест допунских испита из групе предмета Катедре за механику на Докторским студијама: Тензорски рачун-10, Епистемологија науке и технике-10, Осцилације механичких система (линеарне и нелинеарне)-10, Управљање кретањем механичких система-10, Механика система променљиве масе-10 и Механика удара-10.

У складу са Правилником за докторске студије Машинског факултета Универзитета у Београду кандидат је успешно урадио и одбранио Пројекат идеје докторске дисертације. Преглед свих положених испита дат је у наредној табели.

Број	Назив предмета	Предметни наставник	Семестар /ЕСПБ	Оцена
1	Виши курс математике (о)	проф. др Слободан Радојевић проф. др Иван Аранђеловић	1/5	10 (десет)
2	Нумеричке методе (о)	проф. др Миодраг Спалевић проф. др Александар Цветковић	1/5	10 (десет)
3	ОМНИР и комуникација (о)	проф. др Милош Недељковић	1/5	10 (десет)
4	Аналитичка механика (и)	проф. др Оливера Јеремић	1/5	10 (десет)
5	Епистемологија науке и технике (и)	проф. др Драгомир Зековић проф. др Зоран Стокић	1/5	10 (десет)
6	Тензорски рачун (и)	проф. др Драгомир Зековић проф. др Зоран Стокић	1/5	10 (десет)
7	Осцилације механичких система (и)	проф. др Александар Обрадовић проф. др Зоран Митровић	1/5	10 (десет)
8	Одабрана поглавља из механике (о)	проф. др Зоран Митровић	2/5	10 (десет)
9	Стабилност кретања система (и)	проф. др Зоран Митровић	2/5	10 (десет)

10	Механика система променљиве масе (и)	проф. др Оливера Јеремић	2/5	10 (десет)
11	Динамика система крутих тела (и)	проф. др Михаило Лазаревић	2/5	10 (десет)
12	Управљање кретањем механичких система (и)	проф. др Александар Обрадовић	3/5	10 (десет)
13	Механика континуума (и)	проф. др Никола Младеновић проф. др Зоран Стокић	3/5	10 (десет)
14	Механика нехолономних система (и)	проф. др Драгомир Зековић	3/5	10 (десет)
15	Механика удара (и)	проф. др Мирко Павишић	3/5	10 (десет)
16	Истраживање и публикување 1	проф. др Драгомир Зековић	1/10	10 (десет)
17	Истраживање и публикување 2	проф. др Драгомир Зековић	2/15	10 (десет)
18	Истраживање и публикување 3	проф. др Драгомир Зековић	3/20	10 (десет)
19	Истраживање и публикување 4	проф. др Драгомир Зековић	4/8	10 (десет)
20	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Драгомир Зековић проф. др Александар Обрадовић проф. др Зоран Митровић	4/22	10 (десет)

Легенда: (о) – обавезни предмет, (и) – изборни предмет.

1.2.2. Учешће у извођењу наставе

Школске 2011/2012. године на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат је учествовао у извођењу аудиторних вежби као демонстратор на Катедри за механику из предмета Механика М на Дипломским академским студијама. Од избора у звање асистента (24. мај 2012. год.) кандидат активно учествује у извођењу аудиторних вежби из групе предмета Катедре за механику на Основним академским студијама: Механика 1, Механика 2 и Механика 3, Дипломским академским студијама: Механика М. Посебно истичемо да кандидат такође учествује у извођењу аудиторних вежби као и активном раду са студентима у процесу израде семинарских радова у оквиру предмета Одабрана поглавља из механике на Докторским академским студијама од школске 2013/2014. године. Кандидат активно учествује у избору и припреми студената Машинског факултета који се такмиче у знању из предмета механика на традиционалном сусрету студената машинства – „Машинијада“ од 2014. године (2014. Лепенски вир – 1 место, 2015. Тиват – 1 место, 2016. Будва – 1 место).

1.2.3. Списак објављених радова

1.2.3.1. Научни рад у истакнутој монографији међународног значаја, категорија М13

[1*] Obradović, A., Radulović, R.: *On the global minimum time in the brachistochronic motion of the Chaplygin sleigh*, Stability, Vibration, and Control of Machines and Structures, Springer.
<http://www.springer.com/us/book/9783319154909>

(Напомена:

Рад је саопштен на: Proceedings of the 11th International Symposium on Stability, Vibration, and Control of Machines and Structures, 03–05.07.2014, Belgrade, Serbia, pp 212–223.)

1.2.3.1. Научни радови у врхунским међународним часописима, категорија M21

- [2*] **Radulović, R.**, Obradović, A., Šalinić, S.: *Contribution to the determination of the global minimum time for the brachistochronic motion of a holonomic mechanical system*, Meccanica (IF = 1,949 for 2014), March 2016, [doi: 10.1007/s11012-016-0425-z](https://doi.org/10.1007/s11012-016-0425-z).
- [3*] **Radulović, R.**, Šalinić, S., Obradović, A., Rusov, S.: *A new approach for the determination of the global minimum time for the Chaplygin sleigh brachistochrone problem*, Mathematics and Mechanics of Solids (IF = 1,836 for 2015), March 2016, [doi: 10.1177/1081286516637234](https://doi.org/10.1177/1081286516637234).

1.2.3.2. Научни радови у часописима међународног значаја верификованих посебном одлуком, категорија M24

- [4*] **Radulović, R.**, Obradović, A., Jeremić, B.: *Analysis of the minimum required coefficient of sliding friction at brachistochronic motion of a nonholonomic mechanical system*, FME Transactions, Vol. 42 No 3, pp 199–204, 2014, [doi: 10.5937/fmet1403199R](https://doi.org/10.5937/fmet1403199R).
- [5*] **Radulović, R.**, Zeković, D., Lazarević, M., Segl'a, Š., Jeremić, B.: *Analysis the Brachistochronic Motion of a Mechanical System with Nonlinear Nonholonomic Constraint*, FME Transactions, Vol. 42 No 4, pp 290–296, 2014, [doi: 10.5937/fmet1404290R](https://doi.org/10.5937/fmet1404290R).
- [6*] Jeremić, B., **Radulović, R.**, Obradović, A.: *Analysis of the brachistochronic motion of a variable mass nonholonomic mechanical system*, Theoretical and Applied Mechanics, May 2016, [doi: 10.2298/TAM150723002J](https://doi.org/10.2298/TAM150723002J).

1.2.3.3. Научни радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у целини, категорија M33

- [7*] **Radulović, R.**: *Shooting method in determining global minimum time of brachistochronic motion*, in: Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 04–07.06.2013, Vrnjačka Banja, pp 159–164.
- [8*] **Radulović, R.**, Obradović, A. and Jeremić, B.: *Brachistochronic Motion of a Nonholonomic Mechanical System with Limited Reactions of Constraints*, in: Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 04–07.06.2013, Vrnjačka Banja, pp 903–908.
- [9*] **Radulović, R.**, Zeković, D., Pavišić, M.: *Brachistochronic motion of a nonlinear nonholonomic mechanical system*, in: Proceedings of the 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 15–17.06.2015, Arandelovac, Serbia.
- [10*] Jeremić, B., **Radulović, R.**, Obradović, A.: *Brachistochronic motion of a variable mass nonholonomic mechanical system*, in: Proceedings of the 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, 15–17.06.2015, Arandelovac, Serbia.

1.2.3.4. Научни радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у изводу, категорија M34

- [11*] **Radulović, R.**, Zeković, D., Lazarević, M., Jeremić, B.: *Analysis of minimum required sliding friction coefficient in the brachistochronic motion of a mechanical system with nonlinear nonholonomic constraint*, in: Proceedings of the 1th International Symposium on Machines, Mechanics and Mechatronics, 01–02.07.2014, Belgrade, Serbia.

[12*] Rusov, M., Lazarević, M., **Radulović, R.**, Jeremić, B.: *Trajectory and basic multibody dynamic analysis for five-axis CNC machines*, in: Proceedings of the 1th International Symposium on Machines, Mechanics and Mechatronics, 01–02.07.2014, Belgrade, Serbia.

1.2.4. Учесће у научним пројектима

Кандидат је тренутно као асистент учесник на пројекату Министарства просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије: ОИ174001, под називом: „Динамика хибридних система сложених структура. Механика материјала“. Руководилац пројекта је проф. др Катица (Стевановић) Хедрих.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током научноистраживачког рада на Катедри за механику Машинског факултета Универитета у Београду кандидат Радослав Радуловић остварио је изузетне резултате, како кроз положене испите, тако и публиковане радове. Својим досадашњим истраживачким активностима кандидат је испољио квалитете, заинтересованост и способност за научноистраживачки рад у области машинства–механике, којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, положених испита и одбрањеног Пројекта о идеји докторске дисертације на Докторским студијама, његових научних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобна за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације са предложеном темом је одређивање глобалног минимума времена кретања холономних и нехолономних механичких система, како константне тако и променљиве масе, са ограниченим управљањима и ограниченим реакцијама веза. Посебна пажња у дисертацији биће посвећена одређивању глобалног минимума времена кретања механичких система чије кретање је ограничено линеарним и нелинеарним нехолономним везама, уз дати поступак реализације кретања. Формулисани проблеми решени су у оквиру теорије оптималног управљања, применом Понтрјагиновог принципа максимума, као и класичног варијационог рачуна. Проблем оптималног управљања кретања састоји се у одређивању функција управљања тако да разматрани механички систем из познатог почетног стања пређе у крајње одређено стање при ограниченим управљањима и реакцијама веза за минимално време. На основу формираних једначина стања, које описују кретање разматраног система у простору стања, добија се одговарајући двотачкасти гранични проблем (TPBVP) система нелинеарних диференцијалних једначина првог реда у нормалном облику, који је у општем случају неопходно нумерички решити. У поступку одређивања решења постављеног TPBVP, неопходно је претходно одредити процену интервала вредности непознатих величина. Имајући у виду да не постоји теорема о јединствености и егзистенцији решења постављеног TPBVP, природно се намећу следећа питања која ће бити разматрана у оквиру докторске дисертације: да ли постоји решење постављеног TPBVP?, да ли је могуће, у општем случају, одредити процену интервала вредности свих непознатих величина TPBVP?, као и да ли се може дати поступак за одређивање свих могући решења TPBVP? У складу са тим, неопходно је најпре одредити поступак за процену интервала вредности непознатих величина TPBVP при минимизацији времена кретања холономних и нехолономних механичких система, како бисмо са сигурношћу могли да тврдимо да се сва решења TPBVP налазе унутар одређених интервала вредности. У другом делу биће разматрани различити, већ постојећи, нумерички алгоритми (shooting method, Nelder Mead method, genetic algorithm, differential evolution, simulated annealing, random search, C-GRASP algorithm) у циљу изналажења оптималних вредности параметара који утичу на тачност и брзину конвергенције решења уз дату упоредну анализа решења

нумеричких алгоритама за глобалну оптимизацију. Такође је неопходно извршити и одређене модификације постојећих, односно развој новог, у циљу добијања што поузданијег нумеричког алгорита за глобалну оптимизацију имајући у виду предности и мане већ постојећих нумеричких алгоритама. У досадашњој литератури и публикованим научним радовима нису разматрана постављена питања коју су од суштинског значаја при одређивању глобалног минимума времена кретања механичких система. Решења одговарајућег ТРВР (непознате вредности величина стања на границама интервала кретања) могуће је и графички представити у простору непознатих величина тачкама добијеним пресеком одговарајућих линија, где број тачака одговара броју решења ТРВР, а координате тачака у разматраном простору одговарају решењима ТРВР, па је истраживање неопходно усмерити и у том правцу. Истраживања у дисертацији биће посвећена и одређивању четеринг режима при минимизацији времена кретања нехолономног механичког система при дејству управљачких сила ограничених интензитета. Такође, један део истраживања у дисертацији биће спроведен и на пољу брахистхроног кретања механичких система чије кретање је ограничено линеарним, односно нелинеарним везама уопште, са посебним освртом на нехолономне механичке системе променљиве масе, имајући у виду да у досадашњој научној литератури проблеми овог типа нису разматрани. Подстакнут свим овим питањима, кандидат Радослав Радуловић предвиђа да кроз рад на докторској дисертацији са предложеном темом може дати одговоре на постављена питања, који уједно представљају и циљ истраживања, а самим тим и научни допринос успешном реализацијом истих.

2.1. Осврт на релевантне библиографске изворе

У наставку су приказани неки од разматраних релевантних библиографских извора који подстичу и дефинишу предмет истраживања:

- [1] Jeremić, O., Šalinić, S., Obradović, A.: *On the brachistochrone of a variable mass particle in general force fields*, Math Comput Model 2011; 54: 2900-2912.
- [2] Šalinić, S., Obradović, A., Mitrović, Z., Rusov, S.: *Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field*, Nonlinear Dynam 2012; 69: 211-222.
- [3] Šalinić, S., Obradović, A., Mitrović, Z., Rusov, S.: *Erratum: Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field* (Nonlinear Dynamics 2012, 69:211-222) Nonlinear Dyn. 2012, 70:891-892.
- [4] Obradović, A., Čović, V., Vesković, M.: *Brachistochronic motion of a nonholonomic mechanical system*, Acta Mech 2010; 214: 291-304.
- [5] Šalinić, S., Obradović, A., Mitrović, Z.: *On the brachistochronic motion of the Chaplygin sleigh*, Acta Mech 2013; 224: 2127-2141.
- [6] Obradović, A., Šalinić, S., Jeremić, O.: *On the brachistochronic motion of a variable-mass mechanical system in general force fields*, Math Mech Solids 2014; 19: 398-410.
- [7] Antunes, A., Sigaud, C.: *Controlling nonholonomic Chaplygin systems*, Braz J Phys 2010; 40: 131-140.
- [8] Obradović, A., Šalinić, S., Jeremić, O.: *On the brachistochronic motion of a variable-mass mechanical system in general force fields*, Math Mech Solids 2014; 19: 398-410.
- [9] Hull, D. G.: *Initial Lagrange multipliers for the shooting method*, J Guid Control Dyn 2008 31:1490-1492.
- [10] Graichen, K., Petit, N.: *A continuation approach to state and adjoint calculation in optimal control applied to the reentry problem*, In: Proceedings of the 17th World congress the international federation of automatic control Seoul, Korea, 2008 July 6-11, pp 14307-14312.
- [11] Park, Ch., Guibout, V., Scheeres, D.: *Solving optimal continuous thrust rendezvous problems with generating functions*, J Guid Control Dyn 2006, 29:321-331.
- [12] Mehrpouya, M. A., Shamsi, M.: *Gauss pseudospectral and continuation methods for solving two-point boundary value problems in optimal control theory*, Appl Math Model 2015, 39:5047-5057.
- [13] Hirsch, M. J., Pardalos, P. M., Resende, MG. C.: *Solving systems of nonlinear equations with continuous GRASP*, Nonlinear Anal Real 2009, 10:2000-2006.
- [14] Song, W., Wang, Y., Li, H-X: *Locating multiple optimal solutions of nonlinear equation systems based on multiobjective optimization*, IEEE T Evolut Comput 2015, 19:414-431.
- [15] Antunes, ACB., Sigaud, C.: *Controlling nonholonomic Chaplygin systems*, Braz J Phys 2010, 40:131-140.

- [16] Mallipeddi, R., Suganthan, P.N., Pan, Q.K., Tasgetiren, M.F.: *Differential evolution algorithm with ensemble of parameters and mutation strategies*, Applied Soft Computing 2011, 11: 1679-1696.
- [17] Qin, A. K., Huang, V. L., Suganthan, P. N.: *Differential Evolution Algorithm With Strategy Adaptation for Global Numerical Optimization*, IEEE T Evolut Comput 2009, 13:398–417.
- [18] Zeković, D. N.: *Dynamics of mechanical systems with nonlinear nonholonomic constraints – II Differential equations of motion*, Z. Angew. Math. Mech. 2011, 91(11):899–922.
- [19] Zeković, D. N.: *Dynamics of mechanical systems with nonlinear nonholonomic constraints – III Analysis of motion*, Z. Angew. Math. Mech. 2013, 93(8):550–574.
- [20] Zeković, D. N.: *On the motion of a nonholonomically constrained system in the nonresonance case*, Mechanics Research Communications 2011, 38(4):330-333.
- [21] Martynenko, Yu. G.: *The theory of the generalized Magnus effect for nonholonomic mechanical systems*, PMM-J. Appl. Math. Mech. 2004, 68:847-855.
- [22] Matyukhin, V.I.: *The control of a wheeled mechanical system*, PMM-J. Appl. Math. Mech. 2007, 71:208-220.
- [23] Matyukhin, V.I.: *Control of a wheeled system taking into account its inertial properties*, Mech. Solids+ 2013, 48:243-253.
- [24] Hirsch, M.J.: *GRASP-Based heuristics for continuous global optimization problems*, University of Florida 2006.

3. Полазне хипотезе

Са једне стране полази се од основних принципа, односно дефиниција и теорема у оквиру теорије оптималног управљања, варијационог рачуна, аналитичке механике, механике холономних и нехолономних механичких система константне и променљиве масе као и дискретне математике и нумеричке анализе. Док са друге стране, полази се од досадашњих релевантних научних резултата.

4. Научне методе истраживања

Током реализације циљева истраживања користиће се следеће научне методе (теорије) истраживања:

- Теорија оптималног управљања (Понтрјагинов принцип максимума);
- Варијациони рачун;
- Методе аналитичке механике;
- Методе механике холономних и нехолономних механичких система константне и променљиве масе;
- Методе дискретне математике;
- Нумеричке методе оптимизације;

5. Очекивани научни допринос

Успешном реализацијом циљева истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације, применом поменутих научних метода и поступака, могу се очекивати следећи научни доприноси:

- Процена интервала вредности непознатих величина TPBVP при минимизацији времена кретања холономног механичког система;
- Процена интервала вредности непознатих величина TPBVP при минимизацији времена кретања нехолономног механичког система;

- Одређивање оптималних вредности параметара код већ постојећих нумеричких алгоритама за глобалну оптимизацију у циљу добијања решења TPBVP веће тачности и брзине конвергенције;
- Модификације постојећих, односно развој новог, у циљу добијања што поузданијег нумеричког алгорита за глобалну оптимизацију у класи разматраних проблема;
- Одређивање глобалног минимума времена кретања холономног механичког система са ограниченим управљањима и реакцијама веза;
- Одређивање глобалног минимума времена кретања нехолономног механичког система са ограниченим управљањима и реакцијама веза;
- Графичко представљање решења TPBVP тачкама пресека одговарајућих линија у простору непознатих величина;
- Одређивање четеринг режима при минимизацији времена кретања нехолономног механичког система при дејству управљачких сила ограничених интензитета;
- Анализа брахистхроног кретања механичког система чије кретање је ограничено линеарним и нелинеарним нехолономним везама уз дати поступак реализације кретања;
- Одређивање брахистхроног кретања механичког система променљиве масе чије кретање је ограничено линеарним и нелинеарним нехолономним везама;
- Одређивање брахистхроног кретања нехолономног механичког система Чапљигиновог типа као изопериметријски проблем;

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације одвијаће се кроз следеће фазе:

- Прикупљање, анализа и синтеза резултата досадашњих научних истраживања објављених у референтним међународним часописима и монографијама;
- Формирање математичког модела, односно поставка и решење проблема оптималног управљања кретањем разматраног механичког система у складу са претходно наметнутим ограниченим управљањима и реакцијама веза;
- Формирање нумеричког модела, односно двотачкастог граничног проблема (TPBVP);
- Формирање поступка за процену интервала вредности непознатих величина TPBVP;
- Примена различитих, већ постојећих, односно развој новог у циљу добијања што поузданијег нумеричког алгорита за глобалну оптимизацију;
- Одређивање глобалног минимума времена кретања холономних и нехолономних механичких система са ограниченим управљањима и реакцијама веза применом нумеричких алгоритама за глобалну оптимизацију;
- Графичко представљање решења TPBVP;
- Одређивање четеринг режима при минимизацији времена кретања нехолономног механичког система при дејству управљачких сила ограничених интензитета;
- Одређивање брахистхроног кретања механичког система променљиве масе чије кретање је ограничено линеарним и нелинеарним нехолономним везама;
- Одређивање брахистхроног кретања нехолономног механичког система Чапљигиновог типа као изопериметријски проблем;
- Анализа добијених резултата;

7. Закључак и предлог

На основу детаљне анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата **Радослава Д. Радуловића**, дипл. инж. маш.-мастер, Комисија за подношење извештаја закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације високог ранга, као и да пружа могућност остваривања значајних научних доприноса. Кандидат, као студент докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, испуњава све законом предвиђене услове и има научноистраживачке способности за рад на предметној докторској дисертацији.

Имајући у виду све наведено, Комисија за подношење извештаја предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Радославу Д. Радуловићу, дипл. инж. маш.-мастер

одобри израду докторске дисертације под називом

„Глобални минимум времена кретања механичких система са ограниченим управљањима и реакцијама веза“

у научној области машинство – ужа научна област механика, за који је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За менторе докторске дисертације предлажу се др Драгомир Зековић, редовни професор на Катедри за механику Машинског факултета Универзитета у Београду и др Александар Обрадовић, редовни професор на Катедри за механику Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 14.06.2016. год.

Чланови Комисије:

др Драгомир Зековић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Александар Обрадовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Никола Младеновић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Зоран Стокић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Славиша Шалинић, ванредни професор
Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Драгомир Зековић

Звање: редовни професор

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

1. **Zeković, D. N.:** *Dynamics of mechanical systems with nonlinear nonholonomic constraints – I The history of solving the problem of a material realization of a nonlinear nonholonomic constraint*, Z. Angew. Math. Mech. 2011, 91(11):883–898.
2. **Zeković, D. N.:** *Dynamics of mechanical systems with nonlinear nonholonomic constraints – II Differential equations of motion*, Z. Angew. Math. Mech. 2011, 91(11):899–922.
3. **Zeković, D. N.:** *Dynamics of mechanical systems with nonlinear nonholonomic constraints – III Analysis of motion*, Z. Angew. Math. Mech. 2013, 93(8):550–574.
4. **Zeković, D. N.:** *On the motion of a nonholonomically constrained system in the nonresonance case*, Mechanics Research Communications 2011, 38(4):330-333.
5. **Zeković, D. N.:** *Brachistochronic motion of nonholonomic nonlinear mechanical system of the Chaplygin type*, Mechanics Research Communications 2012, 44:35-39.

(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: Александар Обрадовић

Звање: редовни професор

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

1. Jeremić, O., Šalinić, S., **Obradović, A.**: *On the brachistochrone of a variable mass particle in general force fields*, Math Comput Model 2011; 54: 2900-2912.
2. Šalinić, S., **Obradović, A.**, Mitrović, Z., Rusov, S.: *Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field*, Nonlinear Dynam 2012; 69: 211-222.
3. Šalinić, S., **Obradović, A.**, Mitrović, Z.: *On the brachistochronic motion of the Chaplygin sleigh*, Acta Mech 2013; 224: 2127-2141.
4. **Obradović, A.**, Šalinić, S., Jeremić, O.: *On the brachistochronic motion of a variable-mass mechanical system in general force fields*, Math Mech Solids 2014; 19: 398-410.
5. **Obradović, A.**, Čović, V., Vesković, M.: *Brachistochronic motion of a nonholonomic rheonomic mechanical system*, Acta Mech 2010; 214: 291-304.

(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
