

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

207/5
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)14.03.2019.
(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

РЕАЛИЗАЦИЈА БРАХИСТОХРОНОГ КРЕТАЊА МЕХАНИЧКИХ СИСТЕМА ПРОМЕНЉИВЕ
МАСЕ ИДЕАЛНИМ ВЕЗАМА СА ОГРАНИЧЕНИМ РЕАКЦИЈАМА

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Механика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: БОЈАН (МИЛАН) ЈЕРЕМИЋ
2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд
3. Година дипломирања: 2012.
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: 2012.Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 14.03.2019
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: 207/5

Датум: 14.03.2019. године

Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Бојана Јеремића**, маст. инж. маш., бр. 207/1 од 01.02.2019. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Александар Обрадовић, ред. проф., ментор, др Радослав Радуловић, доц., ментор, др Оливера Јеремић, ред. проф., др Драгомир Зековић, ред. проф. МФ. у пензији и др Славиша Шалинић, ванр. проф., Универзитет у Крагујевцу, Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, број 207/4 од 07.03.2019. 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 64. Статута Машинског факултета (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 14.03.2019. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **БОЈАН ЈЕРЕМИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«РЕАЛИЗАЦИЈА БРАХИСТОХРОНОГ КРЕТАЊА МЕХАНИЧКИХ СИСТЕМА ПРОМЕНЉИВЕ МАСЕ ИДЕАЛНИМ ВЕЗАМА СА ОГРАНИЧЕНИМ РЕАКЦИЈАМА»**.

За менторе студенту **Бојану Јеремићу**, именују се **др Александар Обрадовић, ред. проф. и др Радослав Радуловић, доц.**

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 **Бојана М. Јеремића** за израду докторске дисертације

Одлуком **Наставно-научног већа** бр. 207/3 од 21.02.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Бојана М. Јеремића, магист. инж. маш. студента Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду**, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Реализација брахистохроног кретања механичких система променљиве масе идеалним везама са ограниченим реакцијама“**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат **Бојан М. Јеремић**, рођен је 24. марта 1988. године у Горњем Милановцу, Република Србија. Основну школу завршио је у Горњем Милановцу 2003. године са одличним успехом, просечном оценом 5,00, као носилац дипломе „Вук Стефановић Караџић“ и ђак генерације. Техничку школу завршио је у Горњем Милановцу 2007. године са одличним успехом, просечном оценом 5,00, као носилац дипломе „Вук Стефановић Караџић“. Исте године уписао је Основне академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду. Завршни испит положио је 25.06.2010. са оценом 10,00 (десет) и просечном оценом на Основним студијама 10,00 (десет), одбранивши завршни рад на тему „Биомеханички модел и карактеристике подсистема стопало-чланак-потколеница са приказом ортоза и протеза истих“ из предмета Биомеханика локомоторног система. Исте године уписује Мастер академске студије, модул Хидроенергетика, на Машинском факултету Универзитета у Београду. Положио је све испите са просечном оценом 10,00 (десет). Мастер студије завршио је 15. маја 2012. са оценом 10,00 (десет) и укупном просечном оценом током студија 10,00 (десет), одбранивши завршни рад на тему „Пројектовање инсталације за одређивање карактеристика затварача“ из предмета Хидроенергетска постројења и опрема, на Катедри за хидроенергетику, Универзитет у Београду – Машински факултет. Ментор завршног рада на мастер студијама био је проф. др Мирослав Бенишек. Докторске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду уписао је 2012. године - бр. индекса Д3/12. Потенцијални ментор докторске дисертације је проф. др Александар Обрадовић. Од 1. јуна 2013. запослен је на Машинском факултету у

Београду као сарадник на пројекту Технолошког развоја „Одрживост и унапређење машинских система у енергетици и транспорту применом форензичког инжењерства, еко и робуст дизајна“, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије: ТР-35006, чији је руководилац проф. др Срђен Бошњак. Од 6. марта 2014. запослен је на Машинском факултету у Београду као асистент на катедри за механику. Године 2015. постаје члан Српског друштва за механику (СДМ).

Током студија добијао је следеће похвале поводом Дана Машинског факултета:

- Похвале Машинског факултета за најбољег студента на првој, другој и трећој години основних академских студија (2007/2008., 2008/2009. и 2009/2010.),
- Похвала Машинског факултета за најбољег студента на основним академским студијама из генерације уписане на студије школске 2007/2008. године са просечном оценом 10,00,
- Похвала Машинског факултета за одличан успех на првој и другој години мастер академских студија (2010/2011. и 2011/2012.),
- Похвала Машинског факултета за најбољег студента на мастер академским студијама из генерације уписане на студије школске 2010/2011. године са просечном оценом 10,00 и
- Похвала Машинског факултета – најбољи студент на мастер академским студијама, мастер инжењер машинства, из генерације уписане на студије школске 2007/2008. године - студент генерације.

Био је носилац многобројних стипендија међу којима се издвајају стипендије:

- Стипендија Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије 2009/2010.,
- Стипендија Фонда за младе таленте Министарства омладине и спорта Републике Србије – „Доситеја“ 2011/2012.,
- Стипендија Општине Горњи Милановац 2009., 2010. и 2012. и
- Стипендија Министарства просвете и спорта Републике Србије 2009. и 2011.

Кандидат се служи следећим програмским пакетима: Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), Autodesk AutoCAD, SolidWorks, SolidEdge, ProDesktop, MatLab, Wolfram Mathematica, основе LaTeX, Fortran и Ansys (модул CFD). Кандидат влада енглеским језиком.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1. Преглед положених испита

Бојан Јеремић уписао је Докторске академске студије на Машинском факултету у Београду школске 2012/2013. године. Положио је све обавезне и изборне испите предвиђене Програмом усавршавања са просечном оценом 10,00.

Осим тога, положио је четири лабораторијска предмета (Истраживање и публикавање I, II, III и IV). 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	1/5	10 (десет)
2	Нумеричке методе (о)	проф. др Миодраг Спалевић	1/5	10 (десет)

3	ОМНИР и комуникација (о)	проф. др Милош Недељковић	1/5	10 (десет)
4	Аналитичка механика (и)	проф. др Оливера Јерemiћ	1/5	10 (десет)
5	Одабрана поглавља из механике (и)	проф. др Зоран Митровић	2/5	10 (десет)
6	Стабилност кретања система (и)	проф. др Зоран Митровић	2/5	10 (десет)
7	Динамика система крутих тела (и)	проф. др Михаило Лазаревић	2/5	10 (десет)
8	Управљање кретањем механичких система (и)	проф. др Александар Обрадовић	3/5	10 (десет)
9	Механика система променљиве масе (и)	проф. др Оливера Јерemiћ	3/5	10 (десет)
10	Истраживање и публикување 1	проф. др Зоран Митровић	1/10	10 (десет)
11	Истраживање и публикување 2	проф. др Зоран Митровић	2/15	10 (десет)
12	Истраживање и публикување 3	проф. др Александар Обрадовић	3/20	10 (десет)
13	Истраживање и публикување 4	проф. др Александар Обрадовић	4/8	10 (десет)
14	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Александар Обрадовић проф. др Зоран Митровић проф. др Оливера Јерemiћ	4/22	10 (десет)

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

1.2.2. Учешће у извођењу наставе

Школске 2012/2013. године на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат је учествовао у извођењу аудиторних вежби на Катедри за механику из предмета Механика 1 на Основним академским студијама. Од тренутка запослења на Машинском факултету у звању асистента на Катедри за механику 06.03.2014., кандидат активно учествује у настави у извођењу аудиторних вежби на Основним и Мастер академским студијама, и то из следећих предмета: Механика 1, Механика 2, Механика 3, Механика М и Аналитичка механика. Кандидат активно учествује у комисијама за избор и припрему испитних задатака на писменим испитима Катедре за механику. Кандидат је учествовао и у избору и припреми студената Машинског факултета заједно са проф. др Александром Обрадовићем, за такмичење у знању из предмета механика на сусрету студената машинства - „Машинијада“ 2018. године где је освојено прво место.

1.2.3. Списак објављених радова

1.2.3.1. Научни радови у врхунским међународним часописима, категорије M21

[1*] **Jeremić B.**, Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Dražić M.: *Brachistochronic motion of a nonholonomic variable-mass mechanical system in general force fields*, - Mathematics and Mechanics of Solids, Vol 24, No 1, pp. 281–298, 2019, <https://doi.org/10.1177/1081286517738307> (IF = 2.545 за 2017.)

1.2.3.2. Научни радови у истакнутим међународним часописима, категорије M22

[2*] Radulović R., Jeremić B., Šalinić S., Obradović A., Dražić M.: *A new approach for the determination of the global minimum time for the brachistochrone with preselected interval for the normal reaction force value*, - International Journal of Non-Linear Mechanics, Vol 101, pp. 26-35, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2018.02.001> (IF = 2.306 за 2017.)

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

[3*] 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, 2014, pp. 199-204, ISSN 1451-2092, [doi: 10.5937/fmet1403199R](https://doi.org/10.5937/fmet1403199R).

[4*] Radulović R., Zeković D., Lazarević M., Segla Š., Jeremić B.: *Analysis the Brachistochronic Motion of a Mechanical System with Nonlinear Nonholonomic Constraint*, - FME Transactions, Vol 42, No 4, 2014, pp. 290-296, ISSN 1451-2092, [doi: 10.5937/fmet1404290R](https://doi.org/10.5937/fmet1404290R).

[5*] Jeremić B., Radulović R., Obradović A.: *Analysis of the brachistochronic motion of a variable mass nonholonomic mechanical system*, Theoretical and Applied Mechanics, Vol 43, No 1, pp. 19-32, May 2016, [doi: 10.2298/TAM150723002J](https://doi.org/10.2298/TAM150723002J).

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

[6*] Radulović R., Obradović A., Jeremić B.: *Brachistochronic motion of nonholonomic mechanical system with limited reaction of constraints*, - Fourth Serbian (29th Yu) Congress on Theoretical and Applied Mechanics, Vrnjačka Banja, Serbia, 4-7 June 2013, M2-06, pp 903-908, ISBN 978-86-909973-5.

[7*] Jeremić B., Radulović R., Obradović A.: *Brachistochronic Motion of a Variable Mass Nonholonomic Mechanical System*, - Fifth International Congress of Serbian Society of Mechanics, Arandelovac, Serbia, 15-17 June 2015, G3e, pp. 1-10, ISBN 978-86-7892-715-7.

[8*] Radulović R., Jeremić B., Obradović A., Stokić Z.: *Global minimum time for the brachistochronic motion of a particle in an arbitrary field of potential forces*, - Sixth International Congress of Serbian Society of Mechanics, Mountain Tara, Serbia, 19-21 June 2017, G2d, pp. 1-8, ISBN 978-86-909973-6-7.

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

[9*] 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*, SMMM 2014 1st International Symposium on Machines, Mechanics and Mechatronics - Current Trends, Beograd 2014, pp. 30-31, ISBN 978-86-7083-830-7.

[10*] Rusov M., Lazarević M., Radulović R., Jeremić B.: *Trajectory and basic multibody dynamic analysis for five-axis CNC machines*, SMMM 2014 1st International Symposium on Machines, Mechanics and Mechatronics - Current Trends, Beograd 2014, pp. 24, ISBN 978-86-7083-830-7.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током докторских студија Бојан Јеремић, маг. инж. маш. студент Докторских студија, положио је све испите предвиђене планом докторских студија (45 ЕСПБ) који укључују и лабораторијски рад (53 ЕСПБ) и одбрана пројекта идеје докторске дисертације (22 ЕСПБ) што у укупном износу даје 120 ЕСПБ бодова чиме је остварио услов да му се одобри израда докторске дисертације.

Током својих досадашњих истраживачких активности, кандидат је показао посебну заинтересованост, афинитет и способност за научно истраживачки рад у области машинства - механике, којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашњи објављени радови у међународним и домаћим часописима, радови презентовани на научним скуповима, суштински су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан рад на предложеној теми.

2. Предмет и циљ истраживања

Проблем уопштавања класичног проблема брахистохроног кретања материјалне тачке у вертикалној равни, чије се кретање реализује идеалном везом без управљачких сила, актуелан је и данас. О томе говори и управо одбрањена дисертација [1] на МГУ Ломоносов. У овој докторској дисертацији уопштење ће се односити на холономне и нехолономне системе у оквиру којих постоје и тачке променљиве масе. Брахистохроно кретање реализује се, у складу са класичним брахистохроним проблемом, без активних управљачких сила. Улогу управљања преузимају реакције идеалних веза, одакле следи да је њихова снага једнака нули.

Предмет истраживања у оквиру докторске дисертације са предложеном темом биће реализација брахистохроног кретања механичких система променљиве масе идеалним везама са ограниченим реакцијама. Посебна пажња у дисертацији биће посвећена одређивању реакција ограниченог интензитета. Формулисани проблеми биће решени у оквиру теорије оптималног управљања, применом Понтрјагиновог принципа максимума. Проблем оптималног управљања кретањем састојаће се у одређивању функција управљања тако да разматрани механички систем из почетног стања пређе у крајње стање при ограниченим реакцијама веза за минимално време. На основу формираних једначина стања, које описују кретање разматраног система у простору стања, добиће се одговарајући двотачкасти гранични проблем (TPBVP) система нелинеарних диференцијалних једначина првог реда у нормалном облику, који је у општем случају неопходно нумерички решити. Ради одређивања решења TPBVP у докторској дисертацији биће примењен нумерички алгоритам заснован на методи погађања (shooting method). Како скаларно управљање у проблемима ове врсте линеарно фигурише у једначинама стања, приликом решавања биће неопходно размотрити могућност појаве сингуларних решења. Она се, у зависности од могућности веза, односно допуштеног интензитета реакције веза, могу појавити на целом интервалу или на појединим деловима. То додатно усложњава решавање TPBVP.

У првом делу докторске дисертације посматраће се сингуларни и несингуларни случајеви оптималног управљања брахистохроног кретања нехолономног система променљиве масе. Реализација кретања биће остварена накнадним наметањем механичке везе једној тачки чије кретање ће бити одређено претходном нумеричком интеграцијом одговарајућих диференцијалних једначина кретања. На тај начин брахистохроно кретање биће остварено без утицаја активних сила. При томе се истражује утицај смањивања границе реакције везе на промену структуре самог управљања. Тиме се из сингуларног управљања прелази у спрегнуто сингуларно и несингуларно управљање и потом у релејно управљање (bang-bang).

У другом делу рада истраживаће се могућност реализације брахистохроног кретања тела променљиве масе помоћу центроида - котрљањем рулете по бази, без клизања. Помоћу претходно одређеног брахистохроног равног кретања, могуће је једнозначно одредити базу и рулету, као и нормалну и тангенцијалну компоненту реакције. На основу њих, да би овакво кретање било могуће, може се одредити и услов за Кулонов коефицијент трења. Такође, при промени одређених параметара може се показати како се мења нормална реакција везе и показати који услов параметри требају да задовоље како би кретање било могуће и са овог аспекта за случај једнострано задржавајуће везе.

Према томе, посматрајући наведене проблеме, чије решавање представља циљ истраживања, очекује се да ће кандидат Бојан Јеремић, кроз рад на докторској дисертацији, пронаћи одговарајућа решења и тиме дати допринос проналаском истих.

2.1 Релевантни библиографски извори

- [1] Vladimirovna, Z. A.: *ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЯЕМОГО СПУСКА И ОБОБЩЕННЫЕ ЗАДАЧИ О БРАХИСТОХРОНЕ*, - Doctoral dissertation, Faculty of Mechanics and Mathematics, Moscow State University - Lomonosov, <https://istina.msu.ru/dissertations/155573334/> , 2018.
- [2] Jeremić, O., Šalinić, S., Obradović, A., Mitović, Z.: *On the brachistochrone of a variable mass particle in general force fields*, - Math Comput Model, Vol 54, 2011, pp. 2900-2912.
- [3] Šalinić, S., Obradović, A., Mitrović, Z., Rusov, S.: *On the brachistochronic motion of the Chaplygin sleigh*, - Acta Mech, Vol 224, 2013, pp. 2127-2141.
- [4] Šalinić, S.: *Contribution to the brachistochrone problem with Coulomb friction*, - Acta Mech, Vol 208, 2009, pp. 97–115.
- [5] Jeremić B., Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Dražić M.: *Brachistochronic motion of a nonholonomic variable-mass mechanical system in general force fields*, - Mathematics and Mechanics of Solids, Vol 24, 2019, pp. 281–298.
- [6] Jeremić, B., Radulović, R., Obradović, A.: *Analysis of the brachistochronic motion of a variable mass nonholonomic mechanical system*, - Theoretical and Applied Mechanics, Vol 43, 2016, pp. 19-32.
- [7] Radulović, R., Jeremić B., Šalinić S., Obradović A., Dražić M.: *A new approach for the determination of the global minimum time for the brachistochrone with preselected interval for the normal reaction force value*, - International Journal of Non-Linear Mechanics, Vol 101, 2018, pp. 26-35.
- [8] Obradović, A., Čović, V., Vesković, M.: *Brachistochronic motion of a nonholonomic rheonomic mechanical system*, - Acta Mech, Vol 214, 2010, pp. 291-304.
- [9] Obradović, A., Šalinić, S., Jeremić, O., Mitović, Z.: *On the brachistochronic motion of a variable-mass mechanical system in general force fields*, - Math Mech Solids, Vol 19, 2013, pp. 398-410.
- [10] Šalinić, S., Obradović, A., Mitrović, Z., Rusov, S.: *Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field*, - Nonlinear Dynamics, Vol 69, 2012, pp. 211-222.
- [11] Šalinić, S., Obradović, A., Mitrović, Z., Rusov, S.: *Erratum: Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field* (Nonlinear Dynamics, Vol 69, 2012, pp. 211-222) - Nonlinear Dynamics, Vol 70, 2012, pp. 891-892.

У докторској дисертацији [1] извршено је уопштавање брахистохроног проблема материјалне тачке, где су, у оквиру прегледа актуелне литературе, позитивно приказани и радови [2], [3] и [4] као доприноси уопштавању овог проблема, који се односе на сложеније механичке системе, иако их сама дисертација [1] није разматрала, већ су рађена уопштења само за брахистохроно кретање тачке.

У раду [2] разматрано је брахистохроно кретање тачке променљиве масе, док се у раду [5] посматра брахистохроно кретање система променљиве масе. У радовима [5] и [6] посматрана су брахистохрона кретања нехолономних система променљиве масе, при чему су разматрани само сингуларни случајеви управљања, без икаквих ограничења на реакције везе. За функције управљања узета су убрзања [5], односно брзине [6], које одговарају одређеним тачкама система, док ће у првом делу ове докторске дисертације за функцију управљања бити узета реакција наметнуте везе, па ће се на тај начин моћи и да се уведу и ограничења на њен интензитет. У раду [7] разматран је брахистохрони проблем кретања тачке с неограниченом и ограниченом нормалном реакцијом везе, док ће у докторату бити испитана промена структуре управљања за различита ограничења реакције везе за механички систем променљиве масе. Према томе овај део докторске дисертације представљаће својеврсни наставак истраживања започетих у радовима [2], [5], [6] и [7] .

У раду [3] брахистохроно кретање је остварено без утицаја активних сила и посматрана су два случаја оптималног управљања: први случај представља сингуларно оптимално управљање, а други представља комбинацију сингуларног и несингуларног управљања услед наметнутог ограничења реакције нехолономне везе. Све набројано у раду [3] обрађено је за случај крутог тела константне масе, а у овој дисертацији разматраће се тело променљиве масе. И у раду [8] брахистохроно кретање крутог тела константне масе, без ограничења реакција веза, остварено је без утицаја активних сила. На тај начин, докторска дисертација представљаће и наставак истраживања из радова [3] и [8].

У раду [9] посматрана је реализација брахистохорног кретања тела променљиве масе помоћу центроида (базе и рулете), али као функције управљања узета су убрзања одговарајућих тачака док ће у другом делу ове докторске дисертације за функције управљања бити узете генералисане управљачке силе, које одговарају реакцијама везе, и на тај начин директно се може посматрати њихов утицај на коефицијент трења и одредити услов који он мора да задовољи. У раду [4] извршена је реализација кретања материјалне тачке по реалној вези и утицај коефицијента трења клизања. У раду [10,11] настављена су разматрања брахистохроног кретања тачке из [4], где су посматране и једнострано задржавајуће идеалне везе, што ће се овде проширити за случај тела. У докторској дисертацији посматраће се једнострано задржавајућа идеална веза тела променљиве масе и одређивање минимално потребног коефицијента трења да не дође до клизања. Како се ради о једнострано задржавајућој вези показаће се како параметри система, попут почетне енергије система, утичу на промену нормалне компоненте реакције везе и тиме на могућност реализације овог кретања. Дакле, овај део докторске дисертације представљаће својеврсни наставак радова [4], [9] и [10].

3. Полазне хипотезе

Полази се од основних принципа, односно дефиниција и теорема у оквиру теорије оптималног управљања, аналитичке механике, механике холономних и нехолономних механичких система променљиве масе, Кулонових закона трења као и нумеричке анализе. Такође, са друге стране, полази се од досадашњих релевантних научних резултата у оквиру наведених области.

4. Научне методе истраживања

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

- Теорија оптималног управљања (Понтрјагинов принцип максимума) и теорија сингуларних оптималних управљања;
- Методе аналитичке механике;
- Методе механике холономних и нехолономних механичких система променљиве масе;
- Метода погађања (шутинг метода) за решавање TPBVP.

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:

- Решење проблема брахистохроног кретања нехолономног механичког система променљиве масе са ограниченом реакцијом холономне идеалне везе;
- Решење проблема брахистохроног равног кретања тела променљиве масе које се остварује котрљањем без клизања базе по рулети.

6. План истраживања и структура рада

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

- Критички осврт резултата досадашњих научних истраживања објављених у референтним међународним часописима и монографијама у области брахистохроног кретања система променљиве масе;
- Математичко моделирање механичког система променљиве масе применом савремених метода аналитичке механике и механике система променљиве масе одабиром најподеснијих облика диференцијалних једначина кретања;
- Поставка и решење проблема оптималног управљања кретањем разматраног механичког система променљиве масе у складу са претходно наметнутим ограниченим реакцијама веза применом Понтрјагиновог принципа максимума и теорије сингуларних оптималних управљања;
- Примена нумеричког алгорита заснованог на методи погађања у решавању TPBVP;
- Истраживање реализације брахистохроног кретања нехолономног механичког система променљиве масе помоћу холономних идеалних веза истраживањем утицаја смањивања границе интензитета реакција веза на промену структуре управљања;
- Истраживање могућности реализације брахистохроног кретања тела променљиве масе котрљањем без клизања рулете по бази;
- Анализа добијених резултата.

7. Закључак и предлог

На основу изложене анализе пријаве теме кандидата **Бојана М. Јеремића**, магист.инж.маш., студента Докторских студија, Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је кандидат успешно положио све испите предвиђене планом усавршавања и објавио значајан број научних радова. Комисија закључује да је предложена тема изузетно актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све предвиђене услове прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета и да има истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату

Бојану М. Јеремићу, магист. инж. маш.

студенту Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, одобри израда докторске дисертације под називом:

„Реализација брахистохроног кретања механичких система променљиве масе идеалним везама са ограниченим реакцијама“

која припада области техничких наука - **машинство**, ужој научној области - **Механика**, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

За **менторе** дисертације предлажу се др Александар Обрадовић, редовни професор на Катедри за Механику Машинског факултета Универзитета у Београду и др Радослав Радуловић, доцент на Катедри за Механику Машинског факултета Универзитета у Београду.

Београд, 07.03.2019.год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

др Радослав Радуловић, доцент, ментор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Оливера Јеремић, редовни професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

др Драгомир Зековић, редовни професор у пензији
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: _____Александар М. Обрадовић_____

Звање: _____редовни професор_____

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

1. Čović V., Vesković M., Obradović A., On the Instability of Equilibrium of nonholonomic systems with Nonhomogeneous Constraints, Mathematical and Computer Modelling, ISSN 0895-7177, (2010) vol. 51 No. 9-10, 1097-1106 (IF 1.066 for 2010)
2. Obradović A., Čović V., Vesković M., Dražić M., Brachistochronic Motion of a Nonholonomic Rheonomic Mechanical System, Acta Mechanica, ISSN 0001-5970, 214, 291–304 (2010) (IF 1.297 for 2008)
3. Bošnjak S., Petković Z., Zrnić N., Pantelić M., Obradović A., Failure analysis and redesign of the bucket wheel excavator two-wheel bogie, Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, 17, 2010, 473-485 (IF 0.945 for 2009)
4. Čović V., Vesković M., Đurić D., Obradović A., On the stability of equilibria of nonholonomic systems with nonlinear constraints, Applied Mathematics and Mechanics. English Edition, ISSN 0253-4827 (2010), vol. 31 No. 6, 751-760 (IF 0.517 for 2010)
5. Obradović A., Vuković J., Mladenović N., Mitrović Z., Time optimal motions of mechanical system with a prescribed trajectory, Meccanica, ISSN 0025-6455, (2011) 46, 803–816 (IF 1.558 for 2011)
6. Čović V., Vesković M., Obradović A., On the Instability of steady motion, Meccanica, ISSN 0025-6455 (2011) 46, 855–863 (IF 1.558 for 2011)

7. Vesković M., Čović V., Obradović A., Instability of equilibrium of nonholonomic systems with dissipation and circulatory forces, *Applied Mathematics and Mechanics*. English Edition, ISSN 0253-4827 (2011), vol. 32 No. 2, 211-222 (IF 0.558 for 2011)
8. Jeremić O., Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., On the brachistochrone of a variable mass particle in general force fields, *Mathematical and Computer Modelling*, ISSN 0895-7177, (2011) vol. 54 No. 11-12, 2900-2912 (IF 1.346 for 2011)
9. Čović V., Đurić D., Vesković M., Obradović A., Lyapunov-Kozlov method for singular cases, *Applied Mathematics and Mechanics*. English Edition, ISSN 0253-4827 (2011), vol. 32 No. 9, 1207-1220 (IF 0.558 for 2011)
10. Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., Rusov S., Brachistochrone with limited reaction of constraint in an arbitrary force field, *Nonlinear Dynamics*, ISSN 0924-090X, Volume 69, No 1-2 (2012), 211-222 (IF 3.009 for 2012)
11. Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., On the brachistochronic motion of mechanical systems with unilateral constraints, *Mechanics Research Communications*, ISSN 0093-6413, Volume 45, (2012), 1-6 (IF 1.307 for 2010)
12. Đukić M., Rusov S., Mitrović Z., Obradović A., Šalinić S., Fuzzy Model for Braking Force Minimization, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, ISSN 1429-2955, (2012), Vol. 50, No. 4, 1037-1048 (IF 0.452 for 2012)
13. Obradović A., Šalinić S., Jeremić O., Mitrović Z., On the brachistochronic motion of a variable-mass mechanical system in general force fields, *Mathematics and Mechanics of Solids*, ISSN: 1081-2865, 2014, Vol. 19(4) 398–410 (IF 1.298 for 2014)
14. Čović V., Mitrović Z., Rusov S., Obradović A., On the instability of equilibrium position of a mechanical system with singular constraints, *ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, ISSN: 0044-2267, (2013), vol. 93 br. 12, 928-936 (IF 1.008 for 2013)

15. Sekulić D., Dedović V., Rusov S., Šalinić S., Obradović A., Analysis of vibration effects on the comfort of intercity bus users by oscillatory model with ten degrees of freedom, *Applied Mathematical Modelling*, ISSN: 0307-904X, Volume 37, Issues 18–19, 1 October 2013, Pages 8629–8644 (IF 2.158 for 2013)
16. Šalinić S., Obradović A., Mitrović Z., Rusov S., On the brachistochronic motion of the Chaplygin sleigh, *Acta Mechanica*, ISSN 0001-5970, (2013), vol. 224 br. 9, 2127-2141 (IF 1.292 for 2011)
17. Zorić N., Simonović A., Mitrović Z., Stupar S., Obradović A., Lukić N., Free vibration control of smart composite beams using particle swarm optimized self-tuning fuzzy logic controller, *Journal of Sound and Vibration*, ISSN: 0022-460X, Volume 333, Issue 21, 13 October 2014, Pages 5244–5268 (IF 1.857 for 2013)
18. Gašić V., Šalinić S., Obradović A., Milovančević M., Application of the lumped mass technique in dynamic analysis of a flexible L-shaped structure under moving loads, *Engineering Structures*, ISSN: 0141-0296, Volume 76, 1 October 2014, Pages 383–392 (IF 1.838 for 2014)
19. Šalinić S., Obradović A., Rusov S., Mitrović Z., Stokić Z., Optimization of gravity flow discharge chutes under the speed dependent resisting forces: Maximizing exit velocity, *Powder Technology*, ISSN: 0032-5910, Volume 273, March 2015, Pages 203–209 (IF 2.759 2015)
20. Obradović A., Šalinić S., Trifković D., Zorić N., Stokić Z., Free vibration of structures composed of rigid bodies and elastic beam segments, *Journal of Sound and Vibration*, ISSN: 0022-460X, Volume 347, 7 July 2015, Pages 126–138 (IF 2.107 for 2015)
21. 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*, ISSN: 0025-6455, vol.52, no.4, pp.795-805, 2017 (IF 2.196 for 2016)
22. 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, ISSN:1081-2865 , (2017), vol. 22 br. 6, pp 1462-1482 (IF 2.953 for 2016)

23. Sekulić D., Dedović V., Rusov S., Obradović A., Šalinić S., Definition and determination of the bus oscillatory comfort zones, International Journal of Industrial Ergonomics, ISSN: 0169-8141, (2016), vol. 53 , pp. 328-339 (IF 1.415 for 2016)
24. Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Mitrović Z., The brachistochronic motion of a wheeled vehicle, Nonlinear Dynamics, ISSN 0924-0X, vol. 87, no. 1, pp. 191-205, 2017. (IF 4.339 for 2017)
25. Šalinić S., Obradović A., Dunjić M., Sekulić D., Lazarević Ž., Contribution to the free vibration problem of a free-free beam with large end masses, ZAMM - Journal of Applied Mathematics and Mechanics, ISSN: 0044-2267, Vol. 98 no. 5, (2018) pp 840-847 (IF 1.332 for 2016)
26. Jeremić B., Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Dražić M., Brachistochronic motion of a nonholonomic variable-mass mechanical system in general force fields, Mathematics and Mechanics of Solids, ISSN:1081-2865 , Vol. 24 no. 1 (2019) pp. 281-298 (IF 2.545 for 2017)
27. Radulović R., Jeremić B., Šalinić S., Obradović A., Dražić M., A new approach for the determination of the global minimum time for the brachistochrone with preselected interval for the normal reaction force value, International Journal of Non-Linear Mechanics (2018), ISSN 0020-7462, vol. 101, pp. 26-35 (IF 2.163 for 2017)
28. Šalinić S., Obradović A., Tomović A., Free vibration analysis of axially functionally graded tapered, stepped, and continuously segmented rods and beams, Composites Part B, ISSN:1359-8368, Vol 150, pp. 135 - 143, 2018. (IF 4.920 for 2017)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Додатак уз образац 1.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: _____ Радослав Д. Радловић _____

Звање: _____ доцент _____

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

1. 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*, ISSN: 0025-6455, vol.52, no.4, pp.795-805, 2017 (IF 2.196 for 2016)
2. 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*, ISSN:1081-2865, (2017), vol. 22 br. 6, pp 1462-1482 (IF 2.953 for 2016)
3. Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Mitrović Z., The brachistochronic motion of a wheeled vehicle, *Nonlinear Dynamics*, ISSN 0924-0X, vol.87, no.1, pp.191-205, 2017. (IF 4.339 for 2017)
4. Jeremić B., Radulović R., Obradović A., Šalinić S., Dražić M., Brachistochronic motion of a nonholonomic variable-mass mechanical system in general force fields, *Mathematics and Mechanics of Solids*, ISSN:1081-2865, Vol. 24 no. 1 (2019) pp. 281-298 (IF 2.545 for 2017)
5. Radulović R., Jeremić B., Šalinić S., Obradović A., Dražić M., A new approach for the determination of the global minimum time for the brachistochrone with preselected interval for the normal reaction force value, *International Journal of Non-Linear Mechanics* (2018), ISSN 0020-7462, vol.101, pp.26-35 (IF 2.163 for 2017)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
