

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

ФАКУЛТЕТ ЗА МАШИНСВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ЗА МАШИНСВО И ГРАЂЕВИНАРСТВО У КРАЉЕВУ

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Николића, дипломираног машинског инжењера

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, број IV-04-825/14 од 13.09.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Николића, дипломираног машинског инжењера под насловом:

### СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ЕЛАСТИЧНОГ ШТАПА ПРОМЕНЉИВОГ ПРЕСЕКА МЕТОДОМ ДИСКРЕТИЗАЦИЈЕ НА КРУТЕ СЕГМЕНТЕ

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације и испуњености услова кандидата Александра Николића, која је одобрена за израду одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-484/15 од 09.09.2015. године и одлуком Наставно-научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу број 1351/4 од 29.08.2017. године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата Александра Николића, дипл. инж. маш., под насловом „Статичка и динамичка анализа еластичног штапа променљивог пресека методом дискретизације на круте сегменте“ је резултат научно-истраживачког рада Кандидата у актуелној научној области, која се односи на примену метода крутих сегмената за анализу понашања нехомогених еластичних штапова променљивог попречног пресека.

Кандидат је најпре спровео детаљну анализу постојећих варијанти метода крутих сегмената, које су до сада објављене у релевантној научној литератури, и уз критички осврт дао приказ предности и недостатака сваке од варијанти, зависно од примене код решавања специфичних проблема. Потом је, на основу спроведене анализе, указао на потребу формирања дискретизованог модела нехомогеног еластичног штапа променљивог пресека помоћу којег би се превазишли недостаци који су уочени код постојећих варијанти метода крутих сегмената. На основу овога Кандидат је дефинисао предмет и циљ истраживања који су изложени у наставку дисертације.

Значај и допринос ове дисертације се огледа у формираном моделу просторно деформабилног нехомогеног еластичног штапа са променљивим попречним пресеком у облику система крутих сегмената. Добијени модел је општи, у смислу да се може користити како за статичку тако и за динамичку анализу просторно деформабилних штапова као и штапова који се деформишу у једној равни. При томе се могу користити произвољно изабрани закони промене параметара материјала или димензија попречног пресека дуж уздужне осе штапа при различитим контурним условима.

За опис положаја крутих сегмената дискретизованог штапа коришћене су апсолутне координате изабраних тачака крутих сегмената у односу на инерцијални координатни систем. У циљу елиминације прекобројних (зависних) координата, Кандидат је у дисертацији најпре формирао диференцијалне једначине кретања штапа константних параметара уз помоћ Лагранжевих једначина са множитељима веза. Коришћењем познате методе елиминације множитеља веза, поред множитеља веза елиминисане су и зависне координате. Након тога је формирао диференцијалних једначина кретања дискретизованог штапа променљивих параметара материјала и попречног пресека сведено на употребу Лагранжевих једначина друге врсте по независним координатама. Матрице крутости и инерције су добијене у експлицитном облику. Ефикасност предложене варијанте методе крутих сегмената је проверена на већем броју нумеричких примера у којима су поред поређења са доступном литературом дати и неки нови нумерички резултати. У дисертацији је, коришћењем предложеног метода дискретизације еластичног штапа на круте сегменте, осим модалне анализе штапа променљивих параметара, разматрана и динамичка анализа хомогеног еластичног штапа променљивог пресека који се обрће око непомичне осе као и статичка и динамичка анализа гпшких механизма. На основу добијених резултата, Кандидат је формулисао одговарајуће закључке и указао на могуће правце даљих истраживања на овом пољу.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада Кандидата у одговарајућој научној области**

Комисија сматра да докторска дисертација под називом „Статичка и динамичка анализа еластичног штапа променљивог пресека методом дискретизације на круте сегменте“, представља резултат оригиналног научног рада кандидата Александра Николића, дипл. маш. инж. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области анализе понашања еластичних нехомогених штапова променљивог пресека. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи као основу у свом раду теорију еластичности и аналитичку механику.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове дисертације огледа се, између осталог, и у следећим елементима:

- Нехомогени еластични штапови променљивог пресека могу послужити за опис великог броја елемената машина или конструкција у машинству и грађевинарству. Кандидат је уочио потребу за формирањем ефикасног модела за овај тип еластичног штапа базираног на систему зглобно повезаних крутих сегмената. У ту сврху предложио је нову варијанту методе крутих сегмената која служи за статичку и динамичку анализу ових штапова, а која је формирана на оригиналан начин. Такође, и сам начин формирања диференцијалних једначина кретања система крутих сегмената у себи садржи дозу оригиналности јер Кандидат у целој дисертацији користи апсолутне координате чија примена омогућава једноставнију процедуру формирања диференцијалних једначина кретања.
- Формирани дискретизовани модел нехомогеног еластичног штапа је општег карактера. Кандидат је у низу нумеричких примера показао робусност предложеног модела, у смислу веома лаке прилагодљивости за различите законе промене параметара материјала и попречног пресека штапа као и различите контурне услове који се могу срести при проучавању инжењерских објеката. Извршено је поређење добијених резултата са резултатима који су доступни у релевантним научним радовима. Поред поређења резултата, у сваком од примера дат је и део нових резултата, који до сада нису били доступни у литератури, а који се односе на анализу утицаја појединих параметара штапа на његово статичко и динамичко понашање.

- Кандидат је на оригиналан начин применио разрађени приступ дискретизације еластичног штапа на круте сегменте на анализу гипких механизма и хомогених штапова који се обрћу око непомичне осе. Као резултат анализе гипких механизма проистекао је квази-крути модел гипког механизма који узима у обзир и смицање у гипким зглобовима. Нумеричким примерима је показано побољшање тачности у односу на друге методе. При анализи обртања еластичног штапа око непомичне осе Кандидат је детаљном анализом дошао до резултата који говоре о границама могућности употребе предложеног начина дискретизације.

### 3. Преглед остварених резултата рада Кандидата у одређеној научној области

Александар В. Николић, дипл. маш. инж., рођен је 27.08.1985. године у Краљеву. Основну школу завршио је у ОШ „Чибуковачки партизани“ у Краљеву. Матурирао је као ђак генерације у Машинско-техничкој школи „14. октобар“, образовни профил „Машински техничар за компјутерско конструисање“.

Студије на Машинском факултету у Краљеву уписао је школске 2004/05. године, завршио их у предвиђеном року, и дипломирао 14.05.2009. године, на смеру Конструисање и пројектовање у машиноградњи, група за аутоматско управљање и флуидну технику. Током студија, остварио је просечну оцену 9.31 (девет и 31/100), одбранио дипломски рад из предмета Пројектовање хидрауличких и пнеуматских система управљања, на тему „Пројектовање једностубне хидрауличне пресе“ и добио оцену 10 (десет). Добитник је више награда за остварени успех током студија. Такође, остварио је значајне резултате на такмичењу у знању „Машинијада“ из предмета Механика, освојивши прво место у два наврата. Докторске студије уписао је школске 2009/10. године на Машинском факултету у Краљеву.

У периоду од фебруара до децембра 2010. године био је стипендиста Министарства за науку и технолошки развој, а у периоду од јануара 2011. године до фебруара 2016. Године био је запослен на Машинском факултету у Краљеву у својству истраживача сарадника на пројекту који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја. У звање асистента за ужу научну област Механика изабран је на Факултету за машинство и грађевинарство у Краљеву у фебруару 2016. године.

Тренутно је студент III (треће) године докторских студија. Положио је све испите предвиђене програмом студија са просечном оценом 10 (десет). Ангажован је на извођењу аудиторних и самосталних вежби из предмета Техничка механика 2 и Механика 3, самосталних вежби из предмета Отпорност материјала, као и лабораторијских вежби из предмета Рачунарски алати. У свом научно-истраживачком раду служи се енглеским језиком.

Учешће на пројектима ресорног Министарства:

1. „Замена вентилски управљаних система системима са фреквентним регулатором“, ев. бр. 14071, руководилац: проф. др Новак Недић, 2010
2. „Механика нелинеарних и дисипативних модела – савремени модели, анализа и примене“, ев. бр. ОИ 174016, руководилац: проф. др Србољуб Симић, 2011-

Кандидат је објавио 11 радова у научним часописима као и на међународним научним скуповима. Објављени радови, сврстани по категоријама, приказани су у наставку.

#### Списак резултата M21:

1. Nikolić A, Šalinić S. A rigid multibody method for free vibration analysis of beams with variable axial parameters. *Journal of Vibration and Control*, 23(1):131-146, 2017.  
DOI: 10.1177/1077546315575818



2. **Nikolić A, Šalinić S.** Buckling analysis of non-prismatic columns: A rigid multibody approach. *Engineering Structures*, 143:511-521, 2017. DOI: 10.1016/j.engstruct.2017.04.033

#### **Списак резултата M22:**

1. **Nikolić A.** Free vibration analysis of a non-uniform axially functionally graded cantilever beam with a tip body. *Archive of Applied Mechanics*, 87(7):1227-1241, 2017. DOI: 10.1007/s00419-017-1243-z

#### **Списак резултата M23:**

1. **Šalinić S, Nikolić A.** On the determination of natural frequencies of a cantilever beam in free bending vibration: a rigid multibody approach, *Forschung im Ingenieurwesen*, 77(3-4): 95-104, 2013. DOI: 10.1007/s10010-013-0168-0

#### **Списак резултата M33:**

1. **Bulatović R, Nikolić A,** Kinematical analysis of a six-bar mechanism by using Matlab, The Sixth Triennial International Conference HEAVY MACHINERY HM 2008, 24th-29th June, Kraljevo, Serbia, pp. E(17-22), ISBN: 978-86-82631-45-3.
2. **Nikolić A, Bulatović R,** Optimization of Kinematic Characteristics of Geneva Mechanism, The Seventh Triennial International Conference HEAVY MACHINERY HM 2011, June 29th-July 2nd 2011, VRNJAČKA BANJA, Serbia, pp. D(69-74), ISBN: 978-86-82631-58-3.
3. **Šalinić S, Nikolić A,** On the free vibration of a multiple-stepped cantilever beam, Proceedings of the 4th International Congress of Serbian Society of Mechanics, June 4-7, 2013, Vrnjačka Banja, Serbia, pp.177-182, ISBN: 978-86-909973-5-0.
4. **Nikolić A, Šalinić S,** Natural frequencies of a tapered cantilever beam of constant thickness and linearly tapered width, The Eight Triennial International Conference HEAVY MACHINERY HM 2014, June 25-28 2014, Zlatibor, Serbia, pp. E(61-69), ISBN: 978-86-82631-74-3.
5. **Nikolić A, Šalinić S,** Free vibration analysis of the horizontal axis wind turbine tower, Proceedings of the 5th International Congress of Serbian Society of Mechanics, June 15-17, 2015, Arandjelovac, Serbia, G2b, ISBN: 978-86-7892-715-7.
6. **Nikolić A, Šalinić S.** Dynamics of the Rotating Cantilever Beam. The Ninth Triennial International Conference HEAVY MACHINERY HM 2017, June 28-July 2017, Zlatibor, Serbia, pp.D(7-12), ISBN: 978-86-82631-89-7.
7. **Šalinić S, Nikolić A.** Determination of natural frequencies of a planar serial flexure-hinge mechanism using a new pseudo-rigid-body model (PRBM) method. Proceedings of the 6th International Congress of Serbian Society of Mechanics, June 19-21, 2017, Mountain Tara, Serbia, S3a ISBN: 978-86-909973-6-7.

#### 4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Александра Николића, дипл. маш. инж., под називом „Статичка и динамичка анализа еластичног штапа променљивог пресека методом дискретизације на круте сегменте“, усклађена је по обиму и садржају теми одобреној од стране Наставно-научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву (бр. одлуке 1351/4 од 29.08.2017. године) и Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу (бр. одлуке IV-04-825/14 од 13.09.2017. године).

Резултати истраживања докторске дисертације изложени су на укупно 171 страни. Дисертација садржи 57 слика, 27 табела и 104 библиографске јединице. Рад је подељен у 8 поглавља којима претходе резиме рада на српском и енглеском језику, садржај и листа коришћених ознака. На крају рада дат је и списак коришћених библиографских јединица. Наслови поглавља су:

1. Увод
2. Преглед постојећих варијанти метода крутих сегмената
3. Модел нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека у облику система крутих сегмената
4. Диференцијалне једначине кретања нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека
5. Слободне непригушене осцилације нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека
6. Гипки механизми
7. Обртање хомогеног еластичног штапа променљивог пресека око непомичне осе
8. Закључак

У првом поглављу Кандидат је указао на значај статичке и динамичке анализе штапова са променљивим параметрима материјала и попречног пресека дуж осе штапа при решавању инжењерских проблема. Извршена је систематизација постојећих метода и указано на проблеме који се јављају код модела са расподељеним параметрима. Истакнут је значај дискретних модела у последње време, са посебним освртом на метод крутих сегмената. У последњем делу овог поглавља представљен је предмет и циљ дисертације, као и кратак опис сваког од уведених поглавља.

У другом поглављу је дат преглед варијанти методе крутих сегмената које су доступне у литератури. Са аспекта примене, детаљно су разматране предности и недостаци сваке од разматраних варијанти.

У трећем поглављу је формиран дискретизовани модел нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека у облику система крутих сегмената који су међусобно повезани одговарајућим еластичним зглобовима. Формирање овог модела изведено је у два корака. Најпре је, у првом кораку, разрађен начин дискретизације хомогеног просторног еластичног штапа константног попречног пресека уз коришћење принципа еквивалентности инерцијалних и еластичних својстава континуалног и дискретног модела штапа. Затим је, у другом кораку, дискретизовани модел нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека формиран спајањем већег броја хомогених штапова са константним попречним пресеком.

У четвртном поглављу су формиране диференцијалне једначине кретања дискретизованог нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека оптерећеног на својим крајевима аксијалним притисним силама константног интензитета. Пратећи редослед формирања дискретизованог модела из претходног поглавља, диференцијалне једначине кретања су такође формиране у два корака. У првом кораку су формиране диференцијалне једначине кретања уз коришћење Лагранжевих једначина са множитељима веза због појаве



прекобројних (зависних) координата. Након елиминације множитеља веза обезбеђене су диференцијалне једначине хомогеног еластичног штапа константног пресека у функцији независних координата. У другом кораку су уз коришћење Лагранжевих једначина друге врсте формиране диференцијалне једначине кретања нехомогеног еластичног штапа променљивог пресека у функцији независних координата за произвољан број коришћених крутих сегмената. Диференцијалне једначине кретања изражене су у векторској форми, а одговарајуће матрице експлицитно у зависности од задатих параметара штапа.

У петом поглављу су разматране слободне непригушене осцилације формираног дискретизованог нехомогеног еластичног штапа са променљивим попречним пресеком. На основу диференцијалних једначина кретања из претходног поглавља формирана је фреквентна једначина која омогућава одређивање фреквенција осциловања штапа. Свакој добијеној фреквенцији осциловања могуће је придружити и одговарајући главни облик осциловања. На крају овог поглавља је проверена ефикасност предложеног начина дискретизације кроз шест нумеричких примера, за различите законе промене параметара материјала и попречног пресека дуж осе штапа. Добијени резултати упоређени су са резултатима других метода који су доступни у релевантној научној литератури. Осим поређења резултата са доступним резултатима у литератури, дат је и део нових резултата.

У шестом поглављу је идеја о дискретизацији нехомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека искоришћена за дискретизацију гипког зглоба. На тај начин је формиран општи квази-крути модел гипких механизма у облику отворених кинематичких ланаца без гранања. Пошто димензије попречног пресека гипког зглоба нису занемарљиве у односу на његову дужину, при одређивању крутости уведених опруга узет је у обзир и ефекат поминутих коефицијената еластичности гипког зглоба. За опис кретања разматраног квази-крутог модела гипког механизма коришћене су апсолутне координате крутих чланова механизма, као и угао оријентације тих чланова у односу на хоризонталну осу. Број степени слободе разматраног модела се поклапа са бројем коришћених координата, па је формирање диференцијалних једначина кретања знатно једноставније у односу на пето поглавље, и своди се на директну примену Лагранжевих једначина друге врсте. На крају поглавља је одговарајућим нумеричким примером проверена тачност предложеног приступа. Показано је да је увођењем квази-крутог модела гипког зглоба, који има три степена слободе кретања, повећана тачност у односу на квази-крути модел са једним степеном слободе кретања коришћен до сада у литератури.

У седмом поглављу формиран је дискретизовани модел хомогеног еластичног штапа променљивог попречног пресека који се обрће око непомичне осе. У уводном делу поглавља је указано на значај оваквог модела и његову примену за опис понашања великог броја делова машина који врше обртно кретање. Разматран је дискретизовани модел штапа који се деформише у равни управној на осу око које се штап обрће. За опис еластичних својстава штапа коришћени су зглобни елементи са три степена слободе кретања, што је омогућило директно формирање диференцијалних једначина кретања уз помоћ Лагранжевих једначина друге врсте. Нумеричким решавањем ових диференцијалних једначина добијене су коначне једначине кретања штапа, на основу којих је могуће анализирати деформације врха штапа током ротације у односу на недеформисани положај. Такође, на основу диференцијалних једначина је формирана и фреквентна једначина, што омогућава анализу утицаја интензитета константне угаоне брзине обртања штапа на његове модалне карактеристике (фреквенције и главне облике осциловања). Одређена је и критична вредност угаоне брзине штапа до које предложени приступ даје коректне резултате. У супротном, када вредност угаоне брзине штапа пређе вредност критичне угаоне брзине, решења диференцијалних једначина дивергирају. Резултати остварени предложеним приступом су у складу са резултатима осталих линеарних модела који су разматрани у литератури, што је и показано кроз поређења резултата у нумеричком примеру на крају овог поглавља.

У осмом поглављу приказана су закључна разматрања и предлози за даља истраживања. На крају дисертације приказан је списак коришћених библиографских јединица.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Александар Николић, дипл. маш. инж., је у оквиру докторске дисертације извршио систематизацију постојећих варијанти методе крутих сегмената и предложио нови приступ у дискретизацији на круте сегменте, а потом анализирао могућности за његову примену при статичкој и динамичкој анализи нехомогених еластичних штапова променљивог попречног пресека. У току израде дисертације, Кандидат је дошао до нових резултата, који имају своје место у научно-теоријском али и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- Предложен је нови начин дискретизације еластичних штапова на круте сегменте. Крутости опруга постављених у зглобовима дискретизованог модела одређене су на основу еквиваленције потенцијалне енергије модела еластичног штапа са расподељеним параметрима и дискретизованог модела. Притом је за ту сврху искоришћен појам еластичног центра штапа што доприноси једноставнијем одређивању крутости опруга.
- Диференцијалне једначине кретања крутих сегмената формиране су коришћењем апсолутних координата. Због постојања прекобројних (зависних) координата у раду је извршена њихова елиминација. Поступак елиминације је детаљно описан, и резултирао је диференцијалним једначинама по независним координатама, што доприноси повећаној нумеричкој ефикасности предложеног приступа у односу на сличне приступе у литератури.
- Формиран је дискретизовани модел просторно деформабилног штапа са променљивим параметрима који је еластично ослоњен на својим крајевима. Показано је да су предложеним општим моделом обухваћени различити специјални случајеви, па је спектар употребе модела веома широк.
- У раду је дат велики број нумеричких примера у којима је поред провере добијених резултата приказано и доста нових резултата који се односе на квалитативну и квантитативну анализу утицаја параметара штапа на његове коначне једначине кретања и модалне карактеристике.
- Предложени начин дискретизације еластичног штапа је уз одређене измене примењен и за анализу гинких механизма и еластичног штапа који се обрће око непомицне осе.



## 6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Александра Николића, дипл. маш. инж, под називом „Статичка и динамичка анализа еластичног штапа променљивог пресека методом дискретизације на круте сегменте“, су од користи у теоријском и практичном смислу.

У теоријском смислу у дисертацији су коришћени елементи теорије еластичности, аналитичке механике и теорије винта како би се добиле диференцијалне једначине крутих сегмената на што једноставнији начин. Као резултат су проистекле експлицитно изражене матрице крутости и инерције, које могу послужити за даљу примену код анализе различитих инжењерских објеката. Осим тога, створена је основа за Кандидатов даљи научни рад у овој области.

Предложени алгоритми за статичку и динамичку анализу штапова могу се веома једноставно испрограмирати у неком од бесплатних програмских језика (нпр. Python), тако да примена предложеног алгоритма не захтева додатна финансијска средства, за разлику од постојећих комерцијалних софтверских пакета за статичку и динамичку анализу (нпр. Ansys, SAP, SolidWorks, итд).

Поред тога, у дисертацији је на бројним нумеричким примерима тестирана тачност и ефикасност предложеног приступа, тако да се са сигурношћу може рећи да резултати ове дисертације могу бити од изузетне користи у инжењерским применама.

## 7. Начин презентирања резултата научној јавности

Део резултата ове дисертације је презентован објављивањем радова у међународним научним часописима са SCI листе и на међународним научним конференцијама. Комисија сматра да стечено знање и искуство Кандидата током израде дисертације, као и добијени резултати из дисертације представљају добру основу за даљи научни рад кандидата Александра Николића.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи

## ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Александра Николића, дипл. маш. инж., у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком број 1351/4 од 29.08.2017. године од стране Наставно-научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је при излагању истраживања користио терминологију уобичајену за научну област којој дисертација припада, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

У току израде докторске дисертације, кандидат Александар Николић, дипл. маш. инж., дошао је до оригиналних научних резултата који указују на велики потенцијал за примену методе крутих сегмената код статичке и динамичке анализе еластичних штапова променљивог попречног пресека. Део резултата објављен је у три рада у међународним часописима са SCI листе и у четири рада на међународним научним конференцијама.





На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Николића, дипл. маш. инж., једногласно је закључила да докторска дисертација, под насловом


**СТАТИЧКА И ДИНАМИЧКА АНАЛИЗА ЕЛАСТИЧНОГ ШТАПА  
ПРОМЕНЉИВОГ ПРЕСЕКА МЕТОДОМ ДИСКРЕТИЗАЦИЈЕ НА КРУТЕ СЕГМЕНТЕ**


по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Стога Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу да овај Извештај у потпуности прихвати и закаже јавну усмену одбрану наведене дисертације.


**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:**

  
1. **др Михаило Лазаревић, редовни професор - председник комисије**  
Машински факултет Универзитета у Београду  
Ужа научна област: Механика

  
2. **др Александар Обрадовић, редовни професор - члан комисије**  
Машински факултет Универзитета у Београду  
Ужа научна област: Механика

  
3. **др Србољуб Симић, редовни професор - члан комисије**  
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду  
Ужа научна област: Механика

  
4. **др Радован Булатовић, редовни професор - члан комисије**  
Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву Универзитета у Крагујевцу  
Ужа научна област: Механика и механизми

  
5. **др Гордана Богдановић, ванредни професор - члан комисије**  
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу  
Ужа научна област: Примењена механика

У Краљеву, Крагујевцу, Београду и Новом Саду  
6.11.2017. године