

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ**

**Предмет:** Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Соње Костић, магистра техничких наука

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број **IV-04-680/30** од **14.09.2021.** године, а на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (одлука број **01-1/2424-19** од **26.08.2021.** године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Соње Костић, магистра техничких наука**, под насловом:

**„РАЗВОЈ И ОПТИМИЗАЦИЈА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ КИДАЛИЦЕ  
НАМЕЊЕНЕ ИСПИТИВАЊИМА МАТЕРИЈАЛА СА АСПЕКТА  
МИНИМИЗАЦИЈЕ ГРЕШАКА МЕРЕЊА И ЦЕНЕ КОШТАЊА“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену подобности кандидата и научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу број **01-1/3278-11** од **19.09.2019.** године и одлуком Већа за техничко-технолошке науке број **IV-04-806/10** од **09.10.2019.** године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи:

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Опис докторске дисертације**

Испитивање механичких особина материјала се најчешће врши методом затезања јер најбоље описује понашање материјала под оптерећењем, које је потребно при димензионисању и прорачунавању машинских елемената и конструкција. На основу механичких карактеристика материјала се, такође, врши контрола технолошких процеса разних машинских система и карактеристика нових материјала.

Испитивање материјала на затезање се врши на конвенционалним уређајима за испитивање - кидалицама, које су најчешће великих габарита и масе и користе се у посебним, лабораторијским условима. Све је више захтева ка произвођачима кидалица, за производима који су компактни, поуздани и једноставни за руковање, дизајнирани за

мање и средње силе приликом испитивања различитих материјала, чија би инсталација могла бити, без посебних услова, директно у производном погону. Поред тога, развој науке и технологије показао је јасан тренд примене нових, скувих материјала у машинским системима, као и смањивања њихових габарита, како због трошкова, тако и због минимизације индустријских компоненти. Тако је настала потреба за производњом малих, неконвенционалних кидалица, које имају могућност да врше испитивање материјала на узорцима мањих попречних пресека, нестандартних облика и димензија, а да се добијени резултати механичких карактеристика материјала могу сматрати поузданим и тачним.

Развој мале неконвенционалне лабораторијске кидалице је предмет докторске дисертације. Посебна пажња је усмерена на проблеме попустљивости виталних подсистема конструкције кидалице (подсистем прихвата узорака – стезне чељусти, подсистем вођења и носеће конструкције), како би се смањиле грешке мерења приликом испитивања материјала. На основу Хуковог закона, у области еластичних деформација, развијен је аналитички модел применом којег је вршена процена неизвесности мерења силе и издужења, респектујући мерну инструментацију уређаја као један од утицајних фактора на тачност мерења. Неконвенционалне кидалице користе узорке (епрувете) нестандартних димензија, малог попречног пресека. Да би аналитички модел могао да се користи за процену нивоа деформација не само у мерној зони епрувете, већ и у зони прихвата и прелаза (радијуса) из мерне зоне у зону прихвата, епрувете се посматрају као еластични системи. Познавајући деформације у свим зонама епрувете може се утицати на смањење грешака мерења.

Развијени уређај се може користити за испитивање различитих материјала, на различитим температурама. Испитивани су узорци од полипропилена, при чему је расподела оптерећења посматрана кроз деформациони рад. За испитивање материјала на повишеним и високим температурама развијен је модул са комором, који се показао као поуздан, ефикасан и економски исплатив систем. Резултати добијени испитивањем различитих материјала показали су, поређењем, поклапање са вредностима добијеним испитивањем на конвенционалној кидалици, као и вредностима доступним у литературним изворима.

Мале, лабораторијске кидалице се могу користити и у едукативне сврхе, како због својих технолошко-ергономских предности у односу на конвенционалне кидалице, тако и са аспекта исплативости уложених средстава.

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

Докторска дисертација кандидата Соње Костић, магистра техничких наука, под називом „Развој и оптимизација лабораторијске кидалице намењене испитивањима материјала са аспекта минимизације грешака мерења и цене коштања“, представља значајно истраживање у научној области која се односи на испитивање различитих материјала затезањем на собним, повишеним и високим температурама на малој, лабораторијској кидалици. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова дисертација представља оригиналан научни рад.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања како из домена испитивања материјала тако и из домена развоја уређаја за испитивање материјала затезањем. На основу публикованих резултата, кандидат је дефинисао предмет и циљ сопствених истраживања.

Као што је већ приказано у претходној тачки, постоји јасна потреба за развојем малих лабораторијских кидалица и њиховом применом која је вишенаменска.

Остварени главни доприноси ове докторске дисертације су: (1) развој, оптимизација и пројектовање уређаја за испитивање различитих материјала затезањем на собним, повишеним и високим температурама, који је високе тачности и ниске цене коштања; поред практичне примене у индустрији може се користити у едукативне и истраживачке сврхе. Имајући у виду да је извор потенцијално највећих грешака мерење сила и издужења, у раду је представљен нов модел прихвата и стезања епрувете у стезне чељусту, како би се минимизирао његов утицај на грешке мерења и (2) развој софтвера, чијом имплементацијом је омогућена аутоматска обрада података добијених испитивањем, као и визуелизација резултата кроз дијаграме сила-издужење, напон-деформација, стварни напон-деформација, контракција попречног пресека у функцији стварног напона, и др.

Поред практичног доприноса који се огледа у развоју поузданог и тачног уређаја за испитивање материјала затезањем вишеструке намене, приказан је и теоријски допринос докторске дисертације. Развијена су два аналитичка модела.

У првом предложеном аналитичком моделу, епрувета малог попречног пресека је посматрана као еластични систем који као резултат даје величине издужења у свим зонама епрувете (зона мерне дужине, зона радијуса и крајева епрувете за прихват). На тај начин је могуће извршити корекцију измереног издужења и минимизирати грешке мерења издужења које се мери на основу померања покретне стезне чељусту.

У другом предложеном моделу развијени су аналитички изрази везани за неизвесност одређивања модула еластичности, карактеристике материјала која је најосетљивија на грешке мерења јаким малим вредности издужења у области еластичних деформација. Дефинисани су фактори који утичу на неизвесност мерења модула еластичности. Одређене су аналитичке границе неизвесности модула еластичности, односно границе „прихватљивих“ неизвесности. Верификација резултата експерименталних испитивања вршена је поређењем са резултатима добијеним испитивањем материјала на конвенционалној кидалици са екстензиометром. Средње вредности неизвесности модула еластичности су 1.97% на конвенционалном уређају за испитивање затезањем са екстензиометром и 1.56% на малом лабораторијском уређају за испитивање затезањем. У подручју мањих сила и малих издужења неизвесност мерења модула еластичности има веће вредности, што је првенствено узроковано несавршеностима мерних инструмената.

На основу резултата који се добијају применом развијених аналитичких модела могуће је смањити грешке мерења, као и проценити које од величина процеса имају највећи допринос у неизвесности мерења током испитивања.

Због свега наведеног, Комисија сматра да резултати и закључци ове дисертације отварају простор за даља истраживања која могу допринети већој и значајнијој примени неконвенционалних уређаја за испитивање различитих материјала, за које постоји тражња на тржишту. Треба напоменути да на овим просторима нема произвођача таквих уређаја.

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

На основу детаљног прегледа докторске дисертације, анализе научних радова из области докторске дисертације и компетенција чланова Комисије у области из које је предложена тема докторске дисертације, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Соње Костић, магистра техничких наука, представља резултат оригиналног научног рада. Кандидат је тему обрадио темељно и детаљно, користећи при томе теоријске основе и литературне изворе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Критички је анализирао бројне научне радове који се односе на проблематику разматрану у оквиру ове дисертације.

Тема докторске дисертације је актуелна, садржајно квалитетна и даје конкретне научне резултате, посебно ако се има у виду да је извршен велики број експерименталних испитивања уз пратећа тумачења добијених резултата.

Оригиналност научног рада и истраживања остварених у оквиру докторске дисертације огледају се у следећем:

- Адекватним техничко-технолошким приступом постигнута је задовољавајућа крутост мале лабораторијске кидалице, која се користи за испитивање материјала силама затезања релативно малих вредности чије се вредности налазе у предвиђеним опсезима.
- Применом новог конструктивног решења позиционирања и притезања епрувете посебно на месту прихвата епрувете у стезне чељусти, може се смањити попустљивост подсклопова конструкције кидалице.
- Развоју посебног модула за испитивање на повишеним и високим температурама, са једноставним управљачким системом, где се лако врши контрола и одржавање задате температуре и где је енергија потребна за загревање узорака најмања могућа.
- Развоју аналитичког модела, чијом применом је могуће кориговати вредности измереног укупног издужења епрувете током испитивања. Дакле, издужења која су настала у зони радијуса епрувете и потенцијална издужења која се јављају деформацијом зоне прихвата епрувете могу се одузети од укупног и на тај начин добити издужења мерне дужине епрувете, која представљају основ за прорачун карактеристика испитиваних материјала.
- Развоју аналитичког модела за процену неизвесности мерења модула еластичности. Овај модел може се ефикасно применити у многим другим методама које се користе за испитивање и одређивање вредности модула еластичности. Различите методе се заснивају на различитим параметрима. Због

тога је потребно анализирати трендове утицаја параметара повезаних са одређеном методом, тј. аналитичке или регресионе функције које дефинишу зависност модула еластичности од утицајних параметара. Статистичке методе се потом могу користити за одређивање неизвесности за сваки од утицајних параметара.

Закључује се да је доказивањем постављених хипотеза кандидат дошао до оригиналних научних резултата.

#### **4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области**

##### **4.1 Биографија кандидата**

Соња Костић је рођена 25.08.1971. године у Крагујевцу. Основно образовање стекла је у основној школи „Светозар Марковић“ у Крагујевцу, као носилац Вукове дипломе а средњошколско образовање у „Првој крагујевачкој гимназији“ у Крагујевцу, на смеру техничара за контролу животне средине, као носилац Вукове дипломе.

Школске 1990/1991. године уписала је академске студије на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу. Дипломирала је 31.01.1996. године на смеру Машинске конструкције и механизација са општим успехом 8,58 (осам и 58/100).

Школске 1996/1997. године уписала је последипломске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу на смеру Машинске конструкције и механизација. Просек оцена на последипломским студијама 9,80 (девет и 80/100). Магистарски рад под менторством Проф. Др Вере Николић Станојевић назива „Утицај еластичних деформација и унутрашњег радијалног зазора на статичку носивост кугличног котрљајног лежаја“ одбранила је 08.02.2005.

Школске 2016/2017. године уписала је докторске академске студије машинског инжењерства на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на смеру Производно машинство. Испите на докторским академским студијама положила је школске 2018/2019. године са општим успехом 10 (десет).

Од школске 1996/1997. до школске 1998/1999. била је стипендиста Министарства за науку и технологију Републике Србије и учествовала на пројектима. Дана 01.03.1996. године стекла је звање истраживач сарадник на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу на период од шест година. У истом периоду је била сарадник у настави на Машинском факултету Универзитета у Крагујевцу, на предметима Машински елементи и Прорачун машинских конструкција, као и у развоју лабораторијске опреме за машинске елементе у Центру за испитивање и пројектовање машинских елемената и система ЦИПМЕС.

Од 1998-2003. радила је као Конструктор II у Институту за аутомобиле - Дирекција развоја производа, Крагујевац, на пословима конструкције и пројектовања каросерије аутомобила, пројектовања полимерних делова ентеријера и екстеријера возила, изради 3D модела и комплетне техничке документације.

У периоду 1999-2000. радила је као Пројектант конструкције спортске опреме и реквизита у Профитном центру Виктор – спортска опрема и реквизити, Застава д.д., Крагујевац.

У периоду од 2000-2001. радила је као Главни пројектант у Пројектном бироу BASING, strojni in računalniški inženiring, Јесенице, Словенија, на изради пројеката (електричне пећи и платформе у ливницама и ваљаоницама, ролне за намотавање топло ваљаног лима и друго) за компаније SIEMENS VAI Metal Tehnology, Badische Stahl Engineering и друге.

У периоду од 2003-2005. радила је као Пројектант I у Институту за аутомобиле - Дирекција развоја производа, Крагујевац, на пословима конструкције и пројектовања каросерије аутомобила, пројектовања пластичних делова ентеријера и екстеријера возила, рестилизацији возила, 3D моделирању, бавила се научно истраживачким радом. У Лабораторији за испитивање машинских делова у ДРП ИА развила је уређај за испитивање утицаја зазора код котрљајних лежајева на носивост истих.

У периоду од 2005-2008. радила је као Истраживач у Институту за аутомобиле - Дирекција развоја производа, Крагујевац, на изради нових метода за прорачун и испитивање делова и машинских конструкција и на реализацији истраживачких активности на научно-истраживачким пројектима. У звање истраживач сарадник, на период од четири године, изабрана је 12.01.2006.

У периоду од 2008-2017. радила је као Менаџер набавке трговачке робе и Руководилац службе за набавку у Форми Идеале д.о.о, Крагујевац, на пословима руковођења радом Службе набавке (планирање, иницирање, организација, координација и контрола послова).

У периоду 2017-и даље ради на пословима Предавача у Академији струковних студија Шумадија, одсек Крагујевац, у области Привредног инжењерства - машинства, на основним и специјалистичким студијама, на предметима Материјали, Техничка термодинамика, Топлотни уређаји и постројења, Машине за комуналне системе, Обновљиви извори енергије.

#### 4.2 Референце кандидата

Као аутор или коаутор објавила је укупно 32 рада и саопштења у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима, и то: један рад у врхунском међународном часопису (M21) – цитиран у докторској дисертацији, један рад у националном часопису међународног значаја (M24) – цитиран у докторској дисертацији, један рад у водећем часопису националног значаја (M51), три рада у часопису националног значаја (M52), једанаест саопштења са међународних скупова штампаних у целини (M33), пет саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (M34), девет саопштења са скупова националног значаја штампаних у целини (M63). Одбрањена магистарска теза (M72). У наставку су наведени научни радови који представљају резултат рада на пријављеној докторској дисертацији и остали, од којих је први рад објављен у часопису који се налази на SCI листи цитиран у докторској дисертацији, чиме је кандидаткиња испунила услов за одбрану докторске дисертације.

Објављени радови кандидата (последњих десет година):

**Рад у врхунском међународном часопису (категорија M21)**

1. **Sonja Kostić**, Jasmina Miljojković, Goran Šimunović, Đorđe Vukelić, Branko Tadić, Uncertainty in the determination of elastic modulus by tensile testing, Engineering Science and Technology, an International Journal, Available online 14 May 2021, In Press, Corrected Proof, <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2021.05.002>

**Рад у националном часопису међународног значаја (категорија M24)**

1. **Kostić Sonja**, Košarac Aleksandar, Luković Vanja, Miljojković Jasmina, Theory Reviews - Hardware and Software Support for Testing Material on Specimens of the Small Cross Section, Tribology in Industry, Vol. 41, No. 1, str. 109-114, ISSN: 0354-8996, 2019.

**Саопштења са међународних скупова штампаних у целини (категорија M33)**

1. Milan Đorđević, Rodoljub Vujanac, **Sonja Kostić**, Maja Đorđević, QA Matrix as Quality Tool in Automotive Industry, 8th International conference Association for quality and standardization of Serbia AQSS, Vrnjacka Banja, ISBN 978-86-80164-15-1, 25.11.-27.11.2020.
2. **Sonja Kostić**, Zorica Đorđević, Dragan Rajković, Milan Đorđević, Experimental Method for Calculation of Radial Stiffness for Single-Row Ball Bearing, 8th International Congress Motor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-6335-074-8, COBISS.SR-ID 22017545, pp.175-181, October 8th - 9th, 2020.
3. Z Djordjevic, S Jovanovic, **S Kostic**, M Blagojevic, D Nikolic, Application of the Multi-Criteria Decision Making in the Selection of Materials of Composite Shaft, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 659, No. 1, 012024, doi:10.1088/1757-899X/659/1/012024, 2019.
4. Milicevic Jovana, Djordjevic Zorica, **Kostic Sonja**, Jovanovic Sasa, Modeling and Structural Analysis of Scooter's Parts Made of Composite Materials, 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering, DEMI 2019, Banja Luka, ISBN: 978-99938-39-85-9, pp 361-366, 24 - 25 May 2019.
5. Milica Borisavljević, Zorica Đorđević, **Sonja Kostić**, Dragomir Miljanić, Modeling and Structural Analysis of Cylindrical Coil Spring, 4th International Scientific Conference COMETA 2018, East Sarajevo - Jahorina, ISBN 978-99976-719-4-3, pp 428-433, November 27-30.2018.
6. Saša Vasiljević, Dragan Rajković, **Sonja Kostić**, Jasna Glišović, Measurement the Influence of Air Pressure on the Example of Karting Vehicles Using Cae Technology, 4th International Scientific Conference COMETA 2018, East Sarajevo - Jahorina, ISBN 978-99976-719-4-3, pp. 472-477, November 27-30.2018.
7. **Kostić S.**, Đorđević Z., Đorđević M., The Influence of the Internal Radial Clearance on the Load Distribution on the Roller Body of a Single Radial Ball Bearing, 7th International Congress Motor Vehicles & Motors 2018, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-6335-055-7, COBISS.SR-ID 268099340, pp. 354-360, October 4th - 5th, 2018.

8. Puškarić H., **Kostić S.**, Aleksić A., Tadić D., The Evaluate of a New Developing Projects Under Uncertain Market, The 2nd International Conference on Quality of Life manual, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-6335-043-4, pp 357-362, Jun 08-10th 2017.
9. Arsovski S., **Kostić S.**, Cvetić T., Tadić D., A New Model for Evaluation and Selection of Recycling Technologies, The 2nd International Conference on Quality of Life manual, Kragujevac, Serbia, ISBN 978-86-6335-043-4, pp 217-222, Jun 08-10th 2017.
10. Mitrović R., Atanasovska I., **Stefanović S.**, Soldat N., Calculation of Radial Stiffness for Single-Row Ball Bearing With Finite Element Analysis, Proceedings – the Eight International Symposium KOD 2014, Balatanfured, Hungary, ISBN 978-86-7892-615-0, COBISS.SR-ID 286511111, Published by Faculty of Technical Science – Novi Sad, Serbia, pp.215-218, Jun 12- 15.2014.

#### Саопштења са међународних скупова штампаних у изводу (категорија М34)

1. Vladimir Kočović, Ivan Bijelić, Nemanja Mor, **Sonja Kostić**, Vesna Mihajlović, Development and Analysis of a New Clamping Concept, International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies, CNN TECH 2020, Zlatibor, June 29- July 02, 2020, pp. 12, ISBN: 978-86-6060-042-6.
2. Z Djordjevic, S Jovanovic, **S Kostić**, M Blagojevic, D Nikolic, Application of the Multi-Criteria Decision Making in the Selection of Materials of Composite Shafts, 9th International Scientific Conference Research and Development of Mechanical Elements and Systems IRMES, Kragujevac, Serbia, September 5-7 2019, pp. 124-125, ISBN 978-86-6335-061-8
3. V Kočović, **S Kostić**, S Vasiljević, Ž Santoši, A Košarac, Determination of the Parasitic Forces that Occur as a Consequence of the Movement of the Roller over the Miniature Profiled Guide, 9th International Scientific Conference Research and Development of Mechanical Elements and Systems IRMES, Kragujevac, Serbia, September 5-7 2019, pp. 34-35, ISBN 978-86-6335-061-8

#### Радови објављени у врхунским часописима од националног значаја (категорија М51)

1. Atanasovska Ivana, Mitrović Radivoje, **Stefanović Sonja**, Soldat Nataša, Mišković Žarko, Calculation of Radial Stiffness for Single-Row Ball Bearing with Finite Element Analysis, Machine Design, Vol. 6, No. 3, pp. 85-90, ISSN 1821-1259, 2014.

#### Радови објављени у истакнутим националним часописима (категорија М52)

1. Vladimir Kočović, **Sonja Kostić**, Saša Vasiljević, Željko Santoši, Aleksandar Košarac, Determination of the Parasitic Forces That Occur as a Consequence of the Movement of the Roller Over the Miniature Profiled Guide, Machine Design, Vol.11, No.4, pp. 145-148, ISSN 1821-1259, doi: 10.24867/MD.11.2019.4.145-148, 2019.
2. **Sonja Kostić**, Zorica Đorđević, Milosav Đorđević, Saša Jovanović, Analysis Of The Influence Of Internal Radial Clearance On The Load Distribution Of The Rolling Ball Bearing, Mobility & Vehicle Mechanics, Vol. 45, No. 2, pp. 15-25, doi:10.24874/mvm.2019.45.02.02, ISSN 1450 – 5304, 2019.



### **Саопштења са скупова националног значаја штампаних у целини (категорија М63)**

1. Dragan Rajković, Saša Vasiljević, **Sonja Kostić**, Upravljanje mernom opremom u reciklažnom centru, AKSS, XXIII Naučno Stručni Skup, Sistem kvaliteta uslov za uspesno poslovanje i konkurentnost, Kopaonik, pp. 197-206, ISBN-978-86-80164-16-8, 26.05.-28.05.2021.
2. Jasmina Miljojković, **Sonja Kostić**, Vladimir Kočović, Branko Tadić, Quantification of Energy Losses in Real Mechanical Systems, XXVI Skup Trendovi Razvoja: "Inovacije u modernom obrazovanju" TREND, Kopaonik, Paper No.T1.3-708230, pp.230-233, ISBN 978-86-6022-241-3, Februar 16. - 19.2020.

### **Магистарска теза (категорија М72)**

**Stefanović Sonja**, Uticaj elastičnih deformacija i unutrašnjeg radijalnog zazora na statičku nosivost kugličnog kotrljajnog ležaja, Magistarski rad, Mašinski fakultet Kragujevac, Oktobar 2004.

Учествовала је у реализацији 4 научноистраживачка пројекта.

1. Иновациони пројекат (ев.број И.5.1398), Развој методологије, пројектовање и израда уређаја за испитивање склопа механизма спојке за путничко возило, Финансиран од Републичког министарства за науку и технологију, 1996/97. (Руководилац пројекта проф. Др Вера Николић, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу)
2. Истраживања у фундаменталним областима машинског инжењерства (ев.број 11Т11), Финансиран од Републичког министарства за науку и технологију, 1995/2000. (Руководилац подпројекта, Истраживање метода и алгоритама за анализу напонско-деформационог стања машинских конструкција, проф. Др Вера Николић, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу)
3. Развој метода и модела за истраживање феномена и механизма у процесима у функцији ефективности машинских система, (ев.број 11.М04), Финансиран од Републичког министарства за науку и технологију, 1995/2000. (Руководилац теме проф. Др Вера Николић, Машински факултет Универзитета у Крагујевцу: Развој алгоритама и метода за прорачун машинских елемената).
4. Домаћи развојни пројекат, Развој прогресивне технологије за леђну обраду профилних алата на CNC машинама (ев.број ТП14059), Финансиран од Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, подпројекат Анализа леђног стругања зуба одвалних глодала класичним поступком (ев.број 200057), 2008/2010, Факултет техничких наука у Новом Саду.

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

Докторска дисертација кандидата Соње Костић, магистра техничких наука, под називом "Развој и оптимизација лабораторијске кидалице намењене испитивањима материјала са аспекта минимизације грешака мерења и цене коштања" по обиму и садржају одговара прихваћеној теми од стране Наставно научног већа Факултета инжењерских наука у

Крагујевцу и Већа за техничко технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација. Наслов докторске дисертације, урађена истраживања, као и циљеви и методологија истраживања су у складу са онима који су наведени у пријави теме.

Докторска дисертација је написана на 218 страна, садржи 164 слике и 13 табела, а цитирана су 303 библиографска податка.

Дисертација је изложена у 8 поглавља, којима претходи резиме рада на српском и енглеском језику, списак слика и табела, преглед скраћеница и страних речи, преглед значајних ознака и садржај рада.

Наслови поглавља су:

1. **Уводна разматрања** - где су дефинисани предмет и циљеви дисертације и дате теоријске основе истраживања. Представљене су полазне хипотезе и описане методе истраживања. Приказани су очекивани резултати и допринос рада. На крају је дат оквирни садржај докторске дисертације.
2. **Преглед литературе** - друго поглавље рада садржи темељан преглед досадашњих решења неконвенционалних уређаја за испитивање материјала затезањем, као и опис процеса током којег је уложен велики напор истраживача да се узимањем у обзир многобројних утицајних фактора дође до оптималних димензија и облика малих и микро узорака за испитивање, а све у циљу добијања што тачнијих механичких карактеристика материјала. Обухваћен је и утицај израде и обраде узорака на тачност мерења, а досадашња истраживања и закључци из ове области су послужиле кандидату као смернице за израду узорака за експериментална истраживања у докторској дисертацији.
3. **Одређивање механичких карактеристика материјала на затезање при собним, повишеним и високим температурама** - треће поглавље представља анализу карактеристика материјала које се могу добити испитивањем затезањем, како на собним, тако и на повишеним и високим температурама, респектујући и најновија истраживања у овој области.
4. **Теоријске основе предложене методе истраживања** - четврто поглавље представља основу за развој мале лабораторијске кидалице и имплементираног софтвера за аутоматску обраду добијених података. Сагледани су проблеми попустљивости подсистема конструкције кидалице, посебно попустљивост која се јавља у стезној чељусти уређаја и зони прихвата епрувете. Развијен је аналитички модел за процену неизвесности мерења модула еластичности, као и модел за прорачун издужења епрувета малих попречних пресека у свим зонама епрувете по дужини, односно оси затезања. Теоријска разматрања су имала јединствен циљ, а то је развој лабораторијске кидалице са што већом тачношћу добијених резултата испитивања.
5. **Развој уређаја - кидалице намењене за едукативне и истраживачке сврхе** - у петом поглављу је разматран развој четири узастопна решења мале, лабораторијске кидалице за испитивање материјала, који је на основу оптимизовања принципа рада и листе захтева резултирао креирањем оптималне

варијанте. Применом методе вишекритеријумске оптимизације у оцени и избору различитих решења кидалица, на крају овог поглавља донет је закључак о најбољем решењу на основу респектованих задатих критеријума.

6. **Експериментална испитивања** - У складу са планом експерименталних испитивања вршена су испитивања различитих материјала на затезање на малој, лабораторијској кидалици, на собним, повишеним и високим температурама. Након експерименталних испитивања металних и неметалних материјала на различитим температурама, дат је преглед резултата кроз дијаграме и табеле.
7. **Дискусија добијених резултата** - на основу резултата експерименталних испитивања извршена је дискусија, поређењем добијених резултата са резултатима из литературе.
8. **Закључци** – осмо поглавље рада представља приказ доприноса дисертације и праваца будућих истраживања.

Након закључка, дат је списак коришћене литературе, при чему су референце наведене абecedним редом. На крају рада је Прилог 1, који представља извођење и решење аналитичког прорачуна укупних деформација епрувете кружног и правоугаоног попречног пресека.

На основу свега наведеног, Комисија сматра да докторска дисертација по обиму истраживања и квалитету добијених резултата у потпуности испуњава постављене циљеве и одговара пријављеној теми дисертације.

## 6. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Соња Костић, магистар техничких наука, је у оквиру дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава из области испитивања материјала на неконвенционалним уређајима, где су узорци (епрувете) малих попречних пресека. У оквиру рада на дисертацији кандидат је извео низ испитивања и дошао до резултата и закључака који заузимају значајно место, како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу.

Најважнији научни резултати ове дисертације су:

- Развијен је нови систем за прихват и стезање епрувете чијом применом је попустљивост која се јављала у контакту епрувете и зоне прихвата стезне чељусти уређаја (извор великих грешака мерења карактеристика материјала) значајно смањена.
- Идентификоване су грешке које имају највећи допринос неизвесности мерења механичких карактеристика материјала које се добијају испитивањем затезањем на малој лабораторијској кидалици, са посебним освртом на модул еластичности.
- Дефинисан је модел у којем су одређене аналитичке криве као граничне криве области очекиваних резултата модула еластичности добијених експерименталним путем. Свако одступање добијених резултата ван области дефинисаних аналитичким кривама, сматра се неочекиваним и не може се оправдати несавршеношћу мерне инструментације, ако се узме у обзир да је

одговарајућа крутост уређаја постигнута, односно, да нема попустљивости у подсистемима конструкције кидалице.

- Развијен је аналитички модел, који омогућава преглед нивоа еластичних и пластичних деформација комплетне епрувете а не само њеног мерног дела.

Научни резултати докторске дисертације верификовани су и објављени у врхунском међународном часопису категорије M21.

## **7. Примењивост резултата у теорији и пракси**

Резултати докторске дисертације кандидата Соње Костић, магистра техничких наука, под насловом „Развој и оптимизација лабораторијске кидалице намењене испитивањима материјала са аспекта минимизације грешака мерења и цене коштања“ применљиви су и корисни, како у теоријском, тако и у практичном смислу.

Предложени аналитички модели дају низ значајних резултата који представљају нова знања из области испитивања материјала затезањем и утицајних фактора на тачност добијених резултата. На основу предложених модела развијен је софтвер који је изузетан алат за прикупљање, обраду и приказ резултата мерења.

Главна предност развијеног модела за процену неизвесности модула еластичности може се применити и код других метода испитивања. Применом овог модела може се проценити величина која има највећи утицај на неизвесност модула еластичности.

Смањење потенцијалних грешака мерења издужења епрувета малих попречних пресека се може постићи применом модела за процену нивоа деформација што се може сматрати главном његовом предношћу.

Развијена мала лабораторијска кидалица има низ предности у односу на конвенционалне кидалице са теоријског, техничког, технолошког и посебно економског аспекта. Овај уређај може се применити у едукацији студената техничких образовних установа, институтима у процесима научних истраживања, као и у предузећима за испитивање материјала.

## **8. Начин презентовања резултата научној јавности**

Део научних резултата који су проистекли при изради ове докторске дисертације презентован је објављивањем одређеног броја научно-стручних радова у међународним научним часописима и часописима међународног значаја. Кандидат је као непосредни резултат рада на дисертацији публиковао два рада на којима је први аутор, а који су у целисти везани за тему докторске дисертације. То је рад: „Uncertainty in the determination of elastic modulus by tensile testing“ објављен у врхунском међународном часопису (категорије M21), као и „Theory Reviews - Hardware and Software Support for Testing Material on Specimens of the Small Cross Section“ објављен у националном часопису међународног значаја (категорије M24).

Комисија сматра да истраживања и необјављени резултати ове докторске дисертације представљају обиман и користан материјал за даљу публикацију радова у међународним и националним часописима и скуповима у области испитивања металних и неметалних материјала затезањем, како на собним, тако и на повишеним и високим температурама.

### **ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ**

Докторска дисертација кандидата Соње Костић, магистра техничких наука, у потпуности, како по обиму, тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, Одлуком бр. 01-1/2424-19 од 26.08.2021. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-680/30 од 14.09.2021. године.

Кандидат је у приказу истраживања користио одговарајућу и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са свим универзитетским нормама. Докторска дисертација по садржају, квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да влада методологијом научноистраживачког рада и да поседује способност систематског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање, показао способност да приступи свеобухватно сложеној проблематици, у циљу дефинисања суштинских закључака и добијању конкретних и применљивих резултата.

С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Соња Костић, магистар техничких наука, и поднета докторска дисертација, испуњавају све услове, који се у поступку оцене писменог дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Соње Костић, магистра техничких наука, предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:

**„РАЗВОЈ И ОПТИМИЗАЦИЈА ЛАБОРАТОРИЈСКЕ КИДАЛИЦЕ  
НАМЕЊЕНЕ ИСПИТИВАЊИМА МАТЕРИЈАЛА СА АСПЕКТА  
МИНИМИЗАЦИЈЕ ГРЕШАКА МЕРЕЊА И ЦЕНЕ КОШТАЊА“**

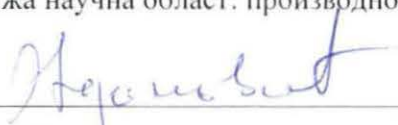
прихвате као успешно урађену и да кандидата позову на усмену јавну одбрану докторске дисертације.

У Крагујевцу и Новом Саду, 1. октобар 2021. године.

**КОМИСИЈА:**



**Др Петар Тодоровић**, редовни професор - председник Комисије  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу  
Ужа научна област: производно машинство



**Др Драган Адамовић**, редовни професор - члан Комисије  
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу  
Уже научне области: производно машинство и индустријски  
инжењеринг



**Др Ђорђе Вукелић**, редовни професор - члан Комисије  
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду  
Ужа научна област: метрологија, квалитет, еколошко-  
инжењерски аспекти, алати и прибори