

**ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ**

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

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/2314-12 од 06.07.2017. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш. под насловом:

**„РАЗВОЈ МОДУЛАРНИХ СТЕЗНИХ ПРИБОРА ПОВЕЋАНОГ НИВОА КРУТОСТИ И
ФЛЕКСИБИЛНОСТИ“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/107-6 од 22.01.2015. год., 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 Марије Матејић, маг. инж. маш. под називом „Развој модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности“, представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на теоријско разматрање и нумеричку симулацију крутости и флексибилности структурних елемената модуларних стезних прибора рамне конструкције, као и на практичну примену добијених резултата. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова докторска дисертација представља јединствен научни рад.

Кандидат је на основу разматрања великог броја радова из ове области, о чему сведочи број од 195 цитираних литературних извора, извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања и резултата компетентних светских научника.

На основу овог разматрања и анализе уочених предности и недостатака појединих приступа конструкције модуларних стезних прибора, теоријских резултата и експерименталних и нумеричких истраживања, кандидат је дефинисао предмет и циљ својих истраживања, који је у потпуности испунио.

Суштински допринос докторске дисертације базиран је на развоју модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности који су пројектовани у основном облику урамљених конструкција. Очекује се да конструкције овог типа у односу на постојеће конструкције прибора обезбеде и већу крутост и већу флексибилност. Претпоставља се да ће овај концепт формирања склопова модуларних стезних прибора обезбедити већу крутост и флексибилност, и већу поузданост, што је посебно важно ако се узме у обзир могућа примена ових прибора при обради на савременим вишеосним нумеричким машинама код којих се при једном базирању и стезању обрада изводи са великим бројем различитих алата.

Теоријски су разматрани угиби структурних елемената носеће конструкције новоформираних модуларних стезних прибора под дејством различитих вредности оптерећења. Поред тога, извршена су експериментална и нумеричка истраживања угиба структурних елемената носеће конструкције и добијена значајна поклапања резултата.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одређеној научној области

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш., под насловом „**Развој модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности**“ представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна, посебно ако се има у виду обрада на савременим вишеосним нумеричким машинама код којих се при једном базирању и стезању обрада изводи са великим бројем различитих алата.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру докторске дисертације се огледају у следећим елементима:

- Прегледом досадашњих истраживања, кандидат указује на то да постоји велики број доступних приступа за повећање флексибилности и крутости у подручју модуларних стезних прибора. Анализирајући литературу која је непосредно повезана са овом облашћу истраживања, кандидат је уочио да су системи модуларних стезних прибора базирани на систему конзоле. Велики број истраживања заснован је на одређивању перформанси позиционирања, анализи толеранција, анализи стабилности, анализи могућих ограничења, као и оптимизацији силе стезања. Поред наведеног, претходна истраживања обухватају: поступак одређивања аутоматског

позиционирања и стезања радног предмета на основу математичких модела, алгоритме за одабир места позиционирања и стезања која обезбеђује максимално механичко дејство полуге, кинетичка анализа заснована на планирању стезања, распоред стезања и зависност стезања заснованог на анализи приступачности, аутоматски одабир подешавања узимајући у обзир фактор толеранција и настанка евентуалних грешака у стезном прибору, као и геометријску анализу засновану на 2Д планирању стезног прибора. Принципи пројектовања стезног прибора и истраживања заснована на методи коначних елемената такође су тема великог броја истраживања. На основу претходно наведеног, кандидат је закључио да пројектовање модуларних стезних прибора у виду рамне конструкције има вишеструки значај.

- Поред наведеног извршена су експериментална и нумеричка истраживања која имају за циљ да одреде понашања структурних елемената модуларног стезног прибора под дејством оптерећења и са елементима за укрућење и без елемената за укрућење. Кроз извршена теоријска, експериментална и нумеричка истраживања остварен је циљ докторске дисертације за повећањем крутости модуларних стезних прибора. Добијени су приближно слични резултати експерименталних истраживања и нумеричких истраживања.
- Теоријска истраживања базирана на теорији вероватноће и математичкој статистици имају за циљ да реално процене ниво флексибилности постојећих система стезних прибора у односу на системе модуларних стезних прибора предложених у докторској дисертацији. Резултати анализе флексибилности модуларних стезних прибора у односу на постојеће групне приборе указују на знатно већу флексибилност модуларних стезних прибора.
- Позитивни ефекти формирања склопова модуларних стезних прибора на начин приказан у докторској дисертацији огледају се у повећању поузданости модуларних стезних прибора, тачности обраде и повећању продуктивности на бази машинске обраде при већим нивоима режима резања и већим нивоима оптерећења елемената за стезање/базирање.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одговарајућој научној области

Марија Јеремић, мас.инж.маш је рођена 14.11.1988. године у Горњем Милановцу, Република Србија. Завршила је Основну школу „Десанка Максимовић“ у Горњем Милановцу, а средњошколско образовање је стекла у Техничкој школи „Јован Жујовић“ у Горњем Милановцу на смеру машински техничар за компјутерско конструисање.

Школске 2007/2008. године је уписала Факултет инжењерских наука у Крагујевцу, а дана 16.11.2010. године је завршила основне академске студије ПРВОГ СТЕПЕНА на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО, модул: Производно машинство, са просечном оценом 7.73 (седам и 73/100) у току студија, и оценом 10 (десет) на завршном испиту из предмета Моделирање и симулација у ОМД код проф. др Весне Мандић.

Школске 2010/2011. године је уписала на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу мастер академске студије ДРУГОГ СТЕПЕНА на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО, модул: Производно машинство, а завршила дана 26.09.2012. године са просечном оценом 9.13 (девет и 13/100) у току студија, и оценом 10 (десет) на мастер раду из предмета Савремени обрадни системи код проф. др Бранка Тадића.

Школске 2012/2013. године је уписала на Факултету инжењерских наука у Крагујевцу докторске академске студије ТРЕЋЕГ СТЕПЕНА на студијском програму МАШИНСКО ИНЖЕЊЕРСТВО, модул: Производно машинство. Испите на докторским студијама завршила је 15.07.2014. године са општим успехом 9.83 (девет и 83/100).

Израда докторске дисертације под називом „Развој модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности“ одобрена је 14.1.2015. године.

У досадашњем научно-истраживачком раду је, као аутор или коаутор, објавила 11 радова у научним часописима са рецензијом, као и у зборницима радова са домаћих и међународних научно-стручних скупова. Два рада је објављено на SCI листи, један категорије M21 и један категорије M23. Поред тога коаутор је једног техничка решења.

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. P. Todorovic, B. Tadic, Dj. Vukelic, **M. Jeremic**, S. Randjelovic, R. Nikolic, "Analysis of the influence of loading and the plasticity index on variations in surface roughness between two flat surfaces", Tribology International, Vol.81, January 2015, pp. 276-282, ISSN: 0301-679X, Doi 10.1016/j.triboint.2014.09.012, 2015

Рад у међународном часопису (M23)

1. P. Todorovic, M. Blagojevic, Dj. Vukelic, I. Macuzic, **M. Jeremic**, A. Simic, B. Jeremic: Static coefficient of rolling friction under heating, Journal of friction and wear, Vol.34, No.6, pp. 450-453, 2013, ISSN 1068 – 3666

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

1. Petar M. Todorovic, M. Blagojevic, **M. Jeremic**, A. Stankovic, A. Markovic, B. Trifunovic, M. Miljkovic: The impact of one heat treated contact element on the

coefficient of static friction, Tribology in Industry, Vol. 35, No. 4, pp. 345-350, ISSN 0354-8996, 2013.

2. **Marija Jeremić**, Milos Matejić, Bojan Bogdanović, Branko Tadić, Danijela Miloradović, Dragomir Miljanić, Analyzing the Influence of the Construction Element Position on Torque Transmission by Friction, Tribology in Industry, Vol.36, No.3, pp. 300-307, ISSN 0354-8996, 2014.
3. M. Živković, **M. Matejić**, D. Miljanić, Lj. Brzaković, V. Kočović, Influence of the Previous Preheating Temperature on the Static Coefficient of Friction with Lubrication, Tribology in Industry, Vol.38, No.4, pp. 585-589, ISSN 0354-8996, 2016.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33)

1. **M. Jeremic**, D. Adamovic, S. Mitrovic, B. Bogdanovic, A. Simic, S. Randjelovic, P.Todorovic: Influence of oxidation layer generated on preheated contact pairs on static coefficient of friction, The 13th International Conference on Tribology, Kragujevac, 2013, pp. 147-125, ISBN: 978-86-86663-98-6.
2. **M. Jeremic**, B. Bogdanovic, A. Simic, D. Miljanic, P. Todorovic, S. Randjelovic, B. Tadic: Analizing the influence of the construction element position on torque transmission by friction, The 13th International Conference on Tribology, Kragujevac, 2013, pp. 341-347, ISBN: 978-86-86663-98-6.
3. **M. Jeremić**, Meyer, M., Macuzic, I., Bogdanovic, B., Jeremic, M., Simic, A., Tadic, B., Vukelic, Dj., Fixtures for Horizontal Machining Centers – New Projecting Approach, ASME 2013 Manufacturing Science and Engineering Conference, 10-14 Jun, Madison, Wisconsin, USA, 2013
4. **M. Jeremic**, B. Bogdanovic, S. Randjelovic, D. Miljanac, B. Tadic, Computer numerical control simulation tool for teaching and learning of engineering students, The 8th International Quality Conference, Kragujevac, 2014. pp. 687-692, ISBN: 978-86-6335-004-5.
5. **Marija Matejić**, Miloš Matejić, Marijana Milićević, Lozica Ivanović, A new concept of bicycle frame design, The Eighth International Symposium Machine and Industrial Design in Mechanical Engineering, KOD 2016, Balatonfüred, Hungary, 2016, 9-12 June, pp. 33-36, ISBN 978-86-7892-821-5
6. **Marija Matejic**, Milos Matejic, Bekir Novkinic, Milutin Zivkovic, Branko Tadic, INFLUENCE OF FRICTION ON INCREASE STIFFNESS OF MODULAR FIXTURE SYSTEMS, The 15th International Conference on Tribology, Kragujevac, Srbija, 2017, 17-19 Maj, pp. 320-326, ISBN 978-86-6335-041-0

4. Оцена о испуњености обима у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш., под насловом „**Развој модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности**“, усклађена је по обиму и садржају теми одобреној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. Највећим делом дисертација је проистекла из теоријских, експерименталних и нумеричких истраживања аутора и обраде тако добијених резултата, одакле су произашли одговарајући закључци тако да су у целини испуњени сви научни, стручни и законски услови да ова дисертација буде прихваћена.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 118 страна. Дисертација садржи 79 слика и 12 табела. Рад чини девет тематских целина, односно поглавља, тако разврстаних да буду међусобно повезана и представљају једну нераскидиву целину. Према томе, наведена поглавља су сложена према следећем редоследу:

1. Увод
 2. Преглед литературе
 3. Постојећи развијени системи модуларних стезних прибора
 4. Теоријски концепт модуларних стезних прибора повећаног нивоа флексибилности и крутости
 5. Предлог основне конфигурације система модуларних стезних прибора
 6. Експериментална истраживања
 7. Процена флексибилности и крутости предложених решења конструкција прибора
 8. Анализа резултата теоријских и експерименталних истраживања
 9. Закључци
- Литература

У поглављу 1 (*Увод*) су приказана уводна разматрања о примарним функцијама и основној намени стезних прибора у обради метала резањем. Под појмом примарних функција подразумева се тачно базирање, позиционирање и стезање предмета обраде током процеса обраде. Наведени су и објашњени главни захтеви које треба испунити при пројектовању стезног прибора.

У поглављу 2 (*Преглед литературе*) дат је обиман преглед досадашњих истраживања стезних прибора посматран са више аспеката. Разматране су методе позиционирања елемената у стезном прибору, принципи стезања, грешке обраде, утицај триболошких карактеристика на систем стезни прибор/предмет обраде, деформације предмета обраде, теорија вијка, попустљивост контактних елемената стезног прибора, крутост стезног прибора, механичке анализе стезног прибора, принципи стезања, аутоматизовано пројектовање прибора.

У поглављу 3 (*Постојећи развијени системи модуларних стезних прибора*) такође је дат увид у досадашње развијене модуларне стезне приборе, као и примери различитих приступа пројектовања модуларних стезних прибора. Приказане су две основне групе модуларних стезних прибора, њихови основни елементи и предности и мене једних и односу на друге развијене системе модуларних стезних прибора. Поред тога дат је увид у савремено аутоматизовано пројектовање модуларних стезних прибора, као и системе који омогућавају такав вид пројектовања.

У поглављу 4 (*Теоријски концепт модуларних стезних прибора повећаног нивоа флексибилности и крутости*) представљене су једначине за израчунавање крутости, еластичне линије конзоле кружног попречног пресека и променљивог попречног пресека, попустљивости елемената модуларног стезног прибора и флексибилности модуларних стезних прибора. Добијени теоријски резултати упоређени су са експерименталним резултатима и са нумерички добијеним резултатима.

У поглављу 5 (*Предлог основне конфигурације система модуларних стезних прибора*) приказан је концепт модуларних стезних прибора рамног типа предложен у оквиру докторске дисертације. Такође, приказани су структурни елементи модуларног стезног прибора појединачно који чине основу овог типа модуларних стезних прибора, као и помоћни елементи.

У поглављу 6 (*Експериментална истраживања*) представљен је ток извођења експерименталних истраживања, механички и мерни уређаји коришћени при извођењу експерименталних истраживања, као и резултати експерименталних истраживања. Методом коначних елемената (*Finite Element Method – FEM*) извршена је анализа померања и напона вођице без појачања и са појачањима у софтверском пакету Аутодеск Инвентор (*Autodesk Inventor*). Како би се потврдили добијени експериментални и теоријски резултати извршена је и *FEM* анализа. Поступак извођења *FEM* анализе прати експериментална истраживања.

У поглављу 7 (*Процена флексибилности и крутости предложених решења конструкција прибора*) извршена је процена флексибилности и крутости модуларних стезних прибора предложених у оквиру докторске дисертације у односу на већ развијене групне приборе. Теоријска истраживања имају за циљ да реално процене ниво флексибилности модуларних стезних прибора предложених у докторској дисертацији, док метода нумеричких прорачуна има за циљ да процени односе крутости идентичних реалних конструкција формираних на бази елемената постојећих групних система стезних прибора у односу на конструкције предложене у дисертацији. Конструкције модуларних стезних прибора предложене у оквиру дисертације изведене су за радне предмете сложеног геометријског облика и великих габаритних димензија. Конкретно, изведене су конструкције модуларних стезних прибора за стезање кућишта мењача, кућишта

трансмисије и кућишта мултипликатора, радних предмета који су као полуфабрикати израђени ливењем и ковањем.

У поглављу 8 (*Анализа резултата теоријских и експерименталних истраживања*) извршена је анализа теоријских, експерименталних и нумеричких резултата еластичних линија конзоле кружног попречног пресека и променљивог попречног пресека под дејством оптерећења, а такође је извршена и упоредна анализа резултата. Према упоредној анализи свих добијених резултата уочено је да су добијена значајна поклапања резултата. У највећој мери је потврђена хипотеза по којој се заснива докторска дисертација да се са променом попречног пресека конзоле добија знатно већа крутост укупног система модуларних стезних прибора рамног типа.

У поглављу 9 (*Закључци*) су изведени одређени закључци на основу информација које су дате у предходним поглављима. Такође су дате препоруке за будуће правце истраживања и евентуалне модификације конструктивних решења модуларних стезних прибора.

Последње поглавље (*Литература*) даје списак библиографских јединица (195) које су коришћене као полазна основа за истраживање у оквиру докторске дисертације.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Марија Матејић, маг. инж. маш., је у оквиру ове докторске дисертације извршила систематизацију постојећих теоријских и експерименталних знања и искустава у области модуларних стезних прибора. У току израде дисертације, кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном индустријском смислу.

Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- изведена оригинална теоријска истраживања и развијен одговарајући теоријски модел,
- изведен је обиман програм експерименталних и нумеричких прорачуна (ФЕМ анализе) еластичне линије конзоле (вођице) који је компатибилан са резултатима теоријских истраживања,
- на бази теоријских разматрања и нумеричких и експерименталних истраживања развијено је ново конструктивно решење модуларних стезних прибора које се по конструкцији разликује у односу на постојећа решења,
- пошто је смисао докторске дисертације повећање крутости модуларних стезних прибора, кроз додавање одређеног броја елемената за укрућење тј. са променом попречног пресека вођице из кружног у квадратни попречни пресек повећава се крутост што је на основу добијених резултата и дијаграма и доказано,

- при разматрању повећања флексибилности модуларних стезних прибора, која је такође један од циљева докторске дисертације, на основу теорије изложене у дисертацији и објашњених разматрања јасно се може закључити да је и са тог аспекта постигнуто значајно побољшање и унапређење. Резултати анализе флексибилности модуларних стезних прибора у односу на постојеће групне приборе указују на знатно већу флексибилност модуларних стезних прибора рамног типа,
- обављена истраживања могу наћи веома значајну индустријску примену уколико се узме у обзир могућа примена ових модуларних стезних прибора при обради на савременим вишеосним нумеричким машинама код којих се при једном базирању и стезању обрада изводи са великим бројем различитих алата,
- позитивни ефекти формирања склопова модуларних стезних прибора на начин приказан у докторској дисертацији огледају се у повећању поузданости модуларних стезних прибора, тачности обраде или повећању продуктивности на бази машинске обраде при већим нивоима режима резања и већим нивоима оптерећења елемената за стезање/базирање.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш., под насловом „**Развој модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности**“ применљиви су и корисни, како у теорији, тако и у пракси.

Сви проблеми анализирани у докторској дисертацији су од изузетног значаја у разматрању понашања еластичних линија вођица под дејством различитих величина оптерећења и при промени попречног пресека. Ово понашање значајно је са аспекта правилног пројектовања рама модуларног стезног прибора и са аспекта практичне применљивости.

Практична примена модуларних стезних прибора предложених у оквиру докторске дисертације је по многим критеријумима погоднија у односу на досадашње развијене системе модуларних стезних прибора. Применом приказаног типа модуларног стезног прибора остварује се значајна флексибилност при обради на савременим вишеосним нумеричким машинама код којих се при једном базирању и стезању обрада изводи са великим бројем различитих алата, а применом додатних елемената могуће је остварити и високу крутост самог прибора.

Развијена конструкција модуларног стезног прибора рамног типа, која за крајњи циљ пројектовања има повећање крутости укупног система при стезању предмета обраде и повећање флексибилности би се уз одређене модификације могла применити за широк спектар предмета обраде различитих облика и димензија.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Комисија сматра да истраживања и још необјављени резултати ове докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље објављивање у међународним и водећим националним часописима и скуповима, који се односе на релевантну област.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш., у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара теми пријављене дисертације, одобрене одлуком бр. 01-1/107-6 од 22.01.2015. год. године, од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је током истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

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

Докторска дисертација је резултат самосталног рада, а добијени резултати представљају веома значајан допринос знањима везаним за стезне приборе у обради метала резањем.

На основу свега изнетог, Комисија за преглед и оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Марије Матејић, маг. инж. маш., једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом:

„Развој модуларних стезних прибора повећаног нивоа крутости и флексибилности“

по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности испуњава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Стога

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да овај Извештај у потпуности прихвати и закаже јавну усмену одбрану наведене дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1. Др Ненад Марјановић, ред. проф. – члан комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

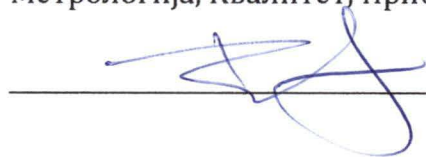
Ужа научна област: Машинске конструкције и механизација



2. Ђорђе Вукелић, ванр. проф. – члан комисије

Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду

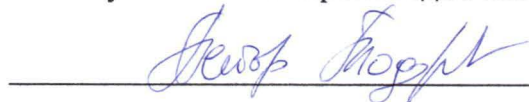
Уже научне области: Машинско инжењерство, Производно машинство, Метрологија, Квалитет, Прибори и Еколошко инжењерски аспекти



3. Др Петар Тодоровић, ред. проф. – председник комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Ужа научна област: Производно машинство



4. Др Милан Ерић, ванр. проф. – члан комисије

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Уже научне области: Производно машинство и Индустијски инжењеринг



У Крагујевцу и Новом Саду
11.09.2017. године