

**ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. <i>Датум и орган који је именовao комисију:</i> На основу предлога Катедре за машинске елементе, теорију машина и механизма и пољопривредно машинство, Одлуке Наставно-научног већа Департамента за механизацију и конструкционо машинство и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука, декан Факултета техничких наука, решењем бр. 012-199/46-2019 од 25.06.2020. године, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. <i>Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</i></p> <ol style="list-style-type: none">1. Др Радивоје Митровић, редовни професор, УНО: Опште машинске конструкције, 25.04.2003., Машински факултет Универзитета у Београду, председник,2. Др Жељко Кановић, ванредни професор, УНО: Аутоматика и управљање системима, 20.06.2018., Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, члан,3. Др Жарко Мишковић, доцент, УНО: Опште машинске конструкције, 29.01.2018., Машински факултет Универзитета у Београду, члан,4. Др Александар Живковић, ванредни професор, УНО: Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, 15.07.2018., Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, ментор,5. Др Милан Рацков, ванредни професор, УНО: Машински елементи, механизми и инжењерске графичке комуникације, 24.10.2018., Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, ментор.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. <i>Име, име једног родитеља, презиме:</i> Иван, Војислав, Кнежевић</p> <p>2. <i>Датум рођења, општина, држава:</i> 05.12.1989., Нови Сад, Република Србија</p> <p>3. <i>Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив :</i> Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Механизација и конструкционо машинство, Мастер инжењер машинства</p> <p>4. <i>Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:</i> 2013. год., Машинско инжењерство</p> <p>5. <i>Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</i> -----</p> <p>6. <i>Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</i> -----</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

АНАЛИЗА ДИНАМИЧКОГ ПОНАШАЊА КУГЛИЧНИХ ЛЕЖАЈА ПРИМЕНОМ ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА

Наслов на енглеском језику:

ANALYSIS OF DYNAMICAL BEHAVIOUR OF BALL BEARINGS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација кандидата *Мсц. Ивана Кнежевића*, под насловом "Анализа динамичког понашања кугличних лежаја применом вештачких неуронских мрежа" садржи 173 нумерисане странице, са 106 графичких илустрација у виду скица и дијаграма, 74 табеле са нумеричким подацима и 126 литературних наслова. Испред основног дела текста, у раду су дати: наслов рада, кључна документацијска информација, садржај рада, списак слика, списак табела и списак коришћених ознака.

Истраживања реализована у оквиру докторске дисертације су приказана кроз десет поглавља. У наставку се даје садржај рада са знаком броја страна сваког поглавља.

- Увод (3 стр.)
- Конструкција и вибрације кугличних лежаја (17 стр.)
- Пресек стања истраживања понашања кугличних лежаја (16 стр.)
- Анализа утицајних параметара на понашање кугличних лежаја (22 стр.)
- Експериментално испитивање и приказ резултата мерења (28 стр.)
- Вештачке неуронске мреже (9 стр.)
- Дефинисање модела применом вештачке неуронске мреже (23 стр.)
- Верификација модела и анализа утицаја појединих параметара (43 стр.)
- Завршна разматрања (5 стр.)
- Литература (7 стр.)

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Наслов докторске дисертације указује на садржај истраживања и истиче предмет истраживања.

У *првом поглављу*, УВОД, полази се од значаја котрљајних лежаја у металопрерађивачкој индустрији, те констатује непрекидан развој техничких карактеристика истих. Указује се на чињеницу да је понашање конструкција у експлоатацији условљено понашањем лежаја. Такође, уочен је велики утицај конструкционих, експлоатационих и технолошких параметара лежаја на његово динамичко понашање. Истиче се неопходност дефинисања што свеобухватније вештачке неуронске мреже за предвиђање вибрација на крају производног циклуса истог, те дефинише оквирни задатак везан за развој неуронске мреже за анализу динамичког понашања кугличних лежаја и даје се кратка структура докторске дисертације.

Текст у оквиру овог поглавља је делом резултат сазнања из литературе, а делом сопствених погледа на разматрању проблематику.

Кроз *друго поглавље*, КОНСТРУКЦИЈА И ВИБРАЦИЈЕ КУГЛИЧНИХ ЛЕЖАЈА, дат је кратак приказ основних спољашњих и унутрашњих параметара који дефинишу конструкцију лежаја, а кроз механизме настанка вибрација у лежају указано је на технолошке параметре који утичу на његово понашање у експлоатацији. Посебан акценат дат је на технолошке параметре као што су храпавост и валовитост стаза котрљања.

Материја изложена у оквиру овог поглавља представља, највећим делом, приказ спољашње и

унутрашње геометрије кугличних лежаја и механизма настанка вибрација у лежају и резултат је критичке анализе истраживања која се реализују у свету.

У *трећем поглављу*, ПРЕСЕК СТАЊА ИСТРАЖИВАЊА ПОНАШАЊА КУГЛИЧНИХ ЛЕЖАЈА, детаљније се указује на лежај, како са функционалног, тако и са конструкционог аспекта, те дефинишу основни захтеви који се пред исти постављају. Усмеравајући истраживања првенствено у правцу динамичког понашања, у овом поглављу указује се на одређене математичке моделе за анализу статичког понашања кугличних лежаја као основе, за дефинисање динамичког модела истог. На основу најновијих литературних извора приказују се резултати истраживања, где се запажа и увођење геометријске несавршености. Сем линеарне и нелинеарне теорије, указује се и на примену, у најновије време, вештачких неуронских мрежа за истраживање динамичког понашања котрљајних лежаја. Анализирани радови указали су на могућност квантитативне оцене динамичког понашања лежаја у зависности од његове намене. На крају се, имајући у виду досадашња истраживања код нас и у свету и постигнуте резултате, дефинише циљ и предмет истраживања у оквиру рада. Такође, дефинишу се и хипотезе које се кроз рад желе верификовати.

Већи део овог поглавља је резултат систематске анализе истраживања која се реализују у свету. На основу извршене свеобухватне систематске анализе досадашњих истраживања, кандидат је поставио оригиналну концепцију истраживања у оквиру докторске дисертације и дефинисао хипотезе.

У *четвртом поглављу*, АНАЛИЗА УТИЦАЈАНИХ ПАРАМЕТАРА НА ПОНАШАЊЕ КУГЛИЧНИХ ЛЕЖАЈА, презентована је детаљна анализа утицаја појединих параметара на експлоатационе карактеристике кугличних лежаја. Извршено је груписање ових параметара на конструкционе, технолошке и експлоатационе. Посебна пажња посвећена је радијалном кугличном лежају, као лежају који има широку примену у експлоатацији. Приказани су упоредни резултати утицаја на динамичко понашање кугличних лежаја. Код разматраних лежаја анализиран је утицај зазора на крутост, број котрљајних тела у зони оптерећења, сопствене фреквенције, фреквенције елемената лежаја, амплитуде помераја и пригушење. Такође, анализирани су и утицаји геометријске несавршености (храпавости, валовитости и овалности стаза котрљања) на динамичко понашање кугличних лежаја, а као најутицајнија уочена је храпавост и валовитост стаза котрљања.

Као и треће поглавље и ово поглавље се највећим делом ослања на литературне информације, али је у великој мери карактерисано сопственом систематизацијом светских сазнања из ове области.

Кроз пето поглавље ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИСПИТИВАЊЕ И ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА МЕРЕЊА приказана су експериментална испитивања као и експериментални штанд и поједини резултати мерења. При идентификацији динамичког понашања радијалног кугличног лежаја, посматране су фреквенције елемената лежаја, као и вредности амплитуда брзине елемената лежаја на појединим фреквенцијама у дефинисаним фреквентним опсезима према стандарду СРПС ИСО 15242:2016. Експериментално испитивање подељено је на два дела. Први део базиран је на мерењу геометријских вредности елемената испитиваних лежаја и њихових одступања, а други део представља стандардом прописано мерење амплитуда вибрација лежаја. Испитивање је извршено на узорку од 30 лежаја 6006. Свако мерење је поновљено три пута, ради провере поновљивости резултата, при чему је за сваки лежај вршено испитивање при различитом оптерећењу (200 – 1000 N) и различитој количини средства за подмазивање (0; 0,7; 1,4; 2,1; 2,8 g). Укупан број мерења износио је 4050 у различитим комбинацијама. У оквиру резултата мерења приказани су утицаји радијалног зазора и односа полупречника стаза котрљања на динамичко понашање. Поред тога је приказана и анализа утицаја технолошких параметара, као што су површинска храпавост, валовитост и одступање од кружности на вредности амплитуда брзина лежаја у дефинисаним опсезима. При анализи технолошких параметара уведени су: параметар еквивалентне површинске храпавости, параметар еквивалентне валовитости и параметар еквивалентног одступања од кружности стаза котрљања. Новоуведени параметри омогућавају боље разумевање утицаја на динамичко понашање. Такође, у оквиру овог поглавља приказано је и одређивање коефицијента корелације карактеристичних параметара лежаја, при чему је установљено да у великом броју случајева површинска храпавост има доминантан утицај на вредности амплитуда брзина.

Проблематика изложена у оквиру овог поглавља, а посебно обрада резултата, представља

оригинални допринос испитивању ових лежаја за одређене експлоатационе услове. На основу приказаних табеларних резултата и графичких илустрација може се констатовати да је дискусија резултата јасна и недвосмислена, те не доводи у сумњу приказане резултате и закључке.

У оквиру *шестог поглавља* ВЕШТАЧКЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ приказане су основе формирања математичког модела применом вештачких неуронских мрежа са посебним освртом на вишеслојне мреже са простирањем унапред, каква је касније коришћена за анализу динамичког понашања радијалних кугличних лежаја.

Ово поглавље се највећим делом ослања на литературне информације, али је у великој мери концентрисано на сопствена истраживања везана за постављени циљ дисертације.

У *седмом поглављу* ДЕФИНИСАЊЕ МОДЕЛА ПРИМЕНОМ ВЕШТАЧКЕ НЕУРОНСКЕ МРЕЖЕ дефинисани су модели вештачких неуронских мрежа за анализу динамичког понашања кугличних лежаја у складу са постављеним циљем истраживања. За обуку експерименталних резултата примењена је вишеслојна неуронска мрежа са простирањем сигнала унапред и простирањем грешке уназад. При дефинисању модела обучен је велики број неуронских мрежа, након чега су изабране оне са најбољим перформансама. У оквиру овог поглавља представљена су два приступа при формирању модела који описује динамичко понашање. Први је заснован на експерименталним резултатима добијеним без утицаја подмазивања, док други узима у обзир и утицај подмазивања, односно утицај еластохидродинамичког ефекта. Први модел коришћен је за анализу утицаја конструкционих и технолошких параметара, док се други модел користи за одређивање утицаја количине мазива на динамичко понашање лежаја. Такође, приказана је и анализа модела који имају различите структуре улазних параметара, као и различите архитектуре неуронских мрежа од оних са једним скривеним слојем са неколико неурона до мрежа са више скривених слојева. Оцена предвиђања модела изведена је на основу Pearson-овог коефицијента корелације, коефицијента детерминације и просечне грешке предвиђања. Укупна оцена предвиђања добијена је на основу кумулативне вредности Pearson-овог коефицијента корелације и коефицијента детерминације. При избору модела који се користи за анализу динамичког понашања лежаја, предност при оцени дата је мрежама које имају најмању просечну грешку предвиђања, а као секундарна оцена коришћене су кумулативне вредности коефицијената.

Приказани модели за анализу динамичког понашања кугличних лежаја у овом поглављу представљају оригинални допринос кандидата.

Верификација развијених модела применом вештачке неуронске мреже извршена је поређењем са резултатима експерименталних мерења што је приказано у *осмом поглављу*, ВЕРИФИКАЦИЈА МОДЕЛА И АНАЛИЗА УТИЦАЈА ПОЈЕДИНИХ ПАРАМЕТАРА. Спроведен је велики број експерименталних испитивања, за различите комбинације спољашњих аксијалних оптерећења и количине средства за подмазивање. На основу ових испитивања извршена је верификација развијене вештачке неуронске мреже за предикцију вибрација радијалних кугличних лежаја, као и одређивање његовог квалитета на основу предвиђених резултата (RMS вредности) у дефинисаним фреквентим подручјима. У овом поглављу је спроведена анализа и приказани су резултати за све утицајне параметре, конструкционе (однос полупречника стаза котрљања и радијални зазор), технолошке (одступање од кружности, валовитост и површинска храпавост стаза котрљања) и експлоатационе (аксијално оптерећење и количина мазива). Технолошки параметри анализирани су посебно за спољашњи и унутрашњи прстен, али и преко еквивалентне вредности. Поред тога приказани су и међусобни утицаји појединих параметара на динамичко понашање радијалног кугличног лежаја.

Приказани резултати представљају оригинални допринос аутора. На основу приказаних табеларних резултата и графичких илустрација, може се констатовати да је дискусија резултата јасна и недвосмислена, те не доводи у сумњу приказане резултате и закључке.

У *деветом поглављу*, ЗАВРШНА РАЗМАТРАЊА, дата су закључна разматрања, критички осврт на остварене резултате и правци будућих истраживања. У оквиру овог поглавља кандидат је сумирао резултате до којих је дошао током истраживања, на основу парцијалних резултата појединачних сегмената и изведених истраживања у целини.

У оквиру овог поглавља кандидат је сумирао резултате до којих је дошао током истраживања и указао на неке од праваца будућих истраживања разматране проблематике. Приказани закључци и правци будућих истраживања су оригинални.

Десето поглавље, ЛИТЕРАТУРА, садржи преглед 123 коришћена литературна наслова, груписаних по редоследу навођења. У самом раду цитирани су сви наведени радови. Највећи број цитата је релативно новијег датума, наиме, око 70% цитата је из последњих десет година, а око 30% из последњих пет година.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

У току истраживања везаних за проблематику кугличних лежаја и израду докторске дисертације, кандидат је објавио 6 радова и то: један рад у истакнутом међународном часопису, 1 рад је саопштен на међународном научном скупу који су штампани у целини у одговарајућем зборнику и четири рада публикована у научним часописима.

Рад објављен у међународном часопису (M23)

1. Banjanin B., Vladić G., Pal (Apro) M., Baloš S., Dramićanin M., Rackov M., **Knežević I.**, Consistency analysis of mechanical properties of elements produced by FDM additive manufacturing technology, Revista Materia ISSN: 1517-7076, Vol. 23 No. 4 Brasil, 2018

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

2. Bojanić Šejat M., Živković A., **Knežević I.**, Rackov M., Zeljković M., Influence the Amount of Lubrication on Dynamic Behavior of the Ball Bearing, International Scientific Conference "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications" – COMETA, ISBN 978-99976-719-4-3, Izdavač: Faculty of Mechanical Engineering in East Sarajevo, East Sarajevo, B&H, pp: 414-419, Jahorina, 2018.

Радови у научном часопису (M53)

3. **Knežević I.**, Živković A., Bojanić Šejat M., Rackov M., Zeljković M., Cofaru Nicolae F., Analysis the Amount of Lubrication and Roughness of Raceways on Dynamic Behavior on the Ball Bearing, MATEC Web of Conferences, ISSN: 2261-236X, Vol. 290, No. 1, pp: 10051-10056, UDK DOI: 10.1051/mateconf/201929001005, EDP Sciences, Les Ulis, France, 2019.
4. Rackov M., Kuzmanović S., **Knežević I.**, Čavić M., Penčić M., Stefanović D., Starzhinsky V.E., Shil'ko S.V., Algin V.B., The Influence of the Bearing Lifetime on the Performance of Universal Gear Drives with High Gear Ratio Values, MATEC Web of Conferences, ISSN: 2261-236X, Vol. 287, No. 1, pp: 10221-10224, UDK DOI: 10.1051/mateconf/201928701022, EDP Sciences, Les Ulis, France, 2019.,
5. Rackov M., Kuzmanović S., **Knežević I.**, Čavić M., Penčić M., Stefanović D., Dragoi Mircea V., Analysis of the influence of direction of helical teeth in the universal helical gear reducer on service life of the bearings that support the reducer shaft, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, ISSN: 1757-8981, Vol. 659, No. 1, pp: 1-8, IOP Publishing, Bristol, United Kingdom, 2019.
6. **Knežević I.**, Živković A., Rackov M., Kanović Ž., Bojanić Šejat M., Analysis of the Impact of Lubrication on the Dynamic Behavior of Ball Bearings Using Artificial Neural Networks, Romanian Journal of Acoustics and Vibration (RJAV), ISSN: 1584-7284, Vol. 16, No. 2, pp: 178-183, Romanian Acoustic Society, Universitatea Politehnica Bucuresti, 2019.

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу свеобухватне и врло детаљне анализе досадашњих истраживања динамичког понашања котрљајних лежаја, у раду су постављене следеће хипотезе:

- применом вештачких неуронских мрежа могуће је одредити утицај конструкционих, технолошких и експлоатационих параметара на динамичко понашање котрљајних лежаја;

- површинска храпавост спољашње стазе котрљања има највећи утицај на повећање нивоа вибрација у другом фреквентном подручју, док храпавост унутрашње стазе котрљања има доминантан утицај на повећање нивоа вибрација у трећем фреквентном подручју у случају деловања константног аксијалног оптерећења;
- еквивалентна површинска храпавост има доминантан утицај на повећање нивоа вибрација у свим фреквентним подручјима у случају деловања константног аксијалног оптерећења;
- помоћу вештачких неуронских мрежа може се предвидети класа квалитета котрљајног лежаја на основу познатих конструкционих и технолошких параметара.

Имајући у виду резултате изложене у раду, може се констатовати да је кандидат у потпуности потврдио постављене хипотезе. Дефинисани модел за предикцију нивоа вибрација у одређеним фреквентним подручјима даје задовољавајуће резултате, у односу на експериментална мерења. Максимална грешка предвиђених резултата у односу на експериментална мерења износи око 10%. Коефицијент корелације између предвиђених и експерименталних путем измерених РМС амплитуда вибрација у просеку износи $R = 0,93$, уз коефицијент детерминације $R^2 = 0,88$ за сва подручја фреквенција. На основу свеобухватне анализе резултата добијених помоћу модела неуронских мрежа, може се закључити да повећање храпавости на спољашњој стази котрљања изазива значајан раст нивоа вибрација у другом фреквентном подручју (300 – 1800 Hz) и умерен раст у првом фреквентном подручју (50 – 300 Hz), док је промена нивоа вибрација у трећем фреквентном подручју занемарљиво мала. С друге стране, повећање аксијалног оптерећења и промена зазора значајно утиче на промену нивоа вибрација у првом фреквентном домену. Опште посматрано, на основу приказане анализе резултата добијене неуронским мрежама може се закључити да конструкциони (зazor) и експлоатациони параметри (оптерећење) највише утичу на промену нивоа вибрација у првом фреквентном подручју, док технолошки параметри значајно утичу на промену нивоа вибрација у другом и трећем фреквентном подручју чиме је потврђена прва хипотеза. Поређењем већег броја експерименталних мерења за дефинисане услове испитивања, потврђене су хипотеза број два, три и верификовани развијени модели добијени неуронским мрежама.

У раду су уведени еквивалентни технолошки параметри стазе котрљања у виду нормализоване вредности параметра за спољашњи и унутрашњи прстен. Новоуведени еквивалентни параметри се односе на површинске храпавости, валовитости и одступања од кружности. Смисао увођења еквивалентних технолошких параметара огледа се у чињеници да је у експлоатацији контакт између котрљајних тела и обе стазе котрљања готово увек пристан. Према томе, у снимљеном сигналу вибрација налази се заједнички утицај технолошких параметара стазе котрљања оба прстена. Применом модела вештачке неуронске мреже за анализу динамичког понашања котрљајних лежаја, добијене су препоручене вредности разматраних параметара, који обезбеђују минималне нивое вибрација у посматраним фреквентним подручјима. При овоме, посебну важност имају новоуведене еквивалентне вредности, које указују да је правилним избором спољашњег и унутрашњег прстена при монтажи, могуће утицати на нивое вибрације лежаја, односно, индиректно и на класу квалитета лежаја.

Према изложеном се може констатовати да је предвиђање нивоа вибрација у карактеристичним фреквентним подручјима довољно тачно да се изврши класификација новог (непознатог) лежаја у одређену класу квалитета. Према томе, развијени модел неуронске мреже може се користити и за предвиђање класе квалитета радијалних кугличних лежаја која важе за случај испитивања лежаја након монтаже према стандарду СРПС ИСО 15242:2016, чиме је потврђена хипотеза број четири.

Резултати у дисертацији задовољавају опште и посебне критеријуме вредновања научног рада. Кандидат је у решавању научног проблема користио познате и признате научне методе анализе и синтезе, математичког моделовања и експерименталног испитивања.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Резултати истраживања су јасно и прегледно приказани и исправно протумачени применом признатих научних метода, те не остављају сумњу у научни и стручни допринос наведене дисертације.

Текст докторске дисертације проверен је у софтверу за детекцију плагијаризма iThenticate, у Библиотеци ФТН-а. Са Извештајем о подударности упознати су чланови Комисије.

Комисија констатује да начин на који су резултати приказани и тумачени у оквиру ове докторске дисертације у потпуности одговара постављеним проблемима истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Комисија констатује да је докторска дисертација израђена у складу са образложењем и циљевима истраживања које је кандидат дефинисао у оквиру пријаве теме.

Кандидат је у току израде дисертације, као и на основу резултата приказаних у раду, показао да влада методама рачунарске симулације и експерименталног истраживања. Такође, може се констатовати да кандидат врло добро влада организацијом и извођењем експерименталних испитивања применом савремене мерне опреме, тумачењем и анализом добијених резултата, као и исправним доношењем закључака. Резултати сопствених истраживања су прегледно приказани у виду графичких илустрација и нумеричких интерпретација.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Докторска дисертација садржи све битне елементе. У оквиру дисертације дефинисани су предмет и циљ истраживања и хипотезе. Сprovedено истраживање као и анализе добијених резултата су самостални и оригинални. Добијени резултати имају и практичну инжењерску примену у пројектовању и испитивању кугличних лежаја.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Дисертација садржи све битне елементе за сагледавање разматраних проблема који су обрађивани. Добијени резултати представљају научни допринос у области развоја производа поготово у производњи лежаја и њихових елемената.

Кандидат је поставио оригиналне моделе неуронских мрежа за испитивање динамичког понашања кугличних лежаја. Извршио је свестрану верификацију модела, поређењем са сопственим експерименталним испитивањима. Развијени модел је експериментално верификован, за различите експлоатационе услове. Потврдио је да се развијени модели неуронских мрежа са великом сигурношћу могу користити при анализи утицаја конструкционих, технолошких и експлоатационих параметара на динамичко понашање котрљајних лежаја. Такође, показано је да се моделом могу успешно предвидети класе квалитета радијалних кугличних лежаја које важе за случај испитивања лежаја након монтаже, што је од изузетног значаја у производњи истих.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

У дисертацији нису уочени недостаци који би утицали на резултат истраживања

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, Комисија *позитивно оцењује поднету докторску дисертацију* кандидата **Ивана Кнежевића**, мастер инжењера машинства, под називом "**АНАЛИЗА ДИНАМИЧКОГ ПОНАШАЊА КУГЛИЧНИХ ЛЕЖАЈА ПРИМЕНОМ ВЕШТАЧКИХ НЕУРОНСКИХ МРЕЖА**" и предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Новом Саду и Сенату Универзитета у Новом Саду *да поднету докторску дисертацију и овај извештај прихвате и одобре њену одбрану.*

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. **Др Радивоје Митровић**, редовни професор, УНО: Опште машинске конструкције, Машински факултет Универзитета у Београду, председник
2. **Др Жељко Кановић**, ванредни професор, УНО: Аутоматика и управљање системима, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, члан
3. **Др Жарко Мишковић**, доцент, УНО: Опште машинске конструкције, Машински факултет Универзитета у Београду, члан
4. **Др Александар Живковић**, ванредни професор, УНО: Машине алатке, технолошки системи и аутоматизација поступака пројектовања, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, ментор
5. **Др Милан Рацков**, ванредни професор, УНО: Машински елементи, механизми и инжењерске графичке комуникације, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.