

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

1221/4

(Број захтева)

16.09.2021. године

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

АЛЕКСАНДРА (РАДЕ) ДИМИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **АЛЕКСАНДАР (РАДЕ) ДИМИЋ** уписан на Докторске студије 2014. год.

(име, име једног од родитеља и презиме)

Поднео је захтев за израду докторске дисертације:

УТИЦАЈ ОБЛИКА ПРОФИЛА И УХОДАВАЊА ЗУБАЦА НА ПОВРШИНСКУ НОСИВОСТ ЦИЛИНДРИЧНИХ ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА

Универзитет је дана 31.03.2021. год. својим актом под бр. 61206-1345/2-21 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

УТИЦАЈ ОБЛИКА ПРОФИЛА И УХОДАВАЊА ЗУБАЦА НА ПОВРШИНСКУ НОСИВОСТ ЦИЛИНДРИЧНИХ ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **АЛЕКСАНДРА (РАДЕ) ДИМИЋА**
(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 08.07.2021. године, одлуком факултета под бр. 1221/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. Др Милета Ристивојевић	ред. проф.	Опште машинске конструкције	Машински факултет Београд
2. Др Божидар Росић	ред. проф.	Опште машинске конструкције	Машински факултет Београд
3. Др Радивоје Митровић	ред. проф.	Опште машинске конструкције	Машински факултет Београд
4. Др Александар Венцл	ред. проф.	Технологија материјала - Трибологија	Машински факултет Београд
5. Др Ивана Атанасовска	Научни саветник	Опште машинске конструкције	Математички институт САНУ Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 16.09.2021. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф.др Радивоје Митровић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1221/4
Датум: 16.09.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета и реферата Комисије у саставу: др Милета Ристивојевић, ред. проф., ментор, др Божидар Росић, ред. проф., др Радивоје Митровић, ред. проф., др Александар Венцл, ред. проф. и др Ивана Атанасовска, научни саветник, Математички институт САНУ Београд о оцени докторске дисертације „Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“ студента докторских студија **Александра Димића, маг. инж. маш.**, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 16.09.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„УТИЦАЈ ОБЛИКА ПРОФИЛА И УХОДАВАЊА ЗУБАЦА НА ПОВРШИНСКУ НОСИВОСТ ЦИЛИНДРИЧНИХ ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА“** студента **АЛЕКСАНДРА ДИМИЋА, маг. инж. маш.**

Докторску дисертацију и реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији доставити на давање сагласности Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, по истеку рока од 30 дана у коме су били на увиду јавности.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, студенту, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата
Александра Р. Димића маг. инж. маш., студента докторских студија

Одлуком Наставно - научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 1221/2 од 08.07.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Димића, маг. инж. маш., под насловом

**„Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску
носивост цилиндричних зупчастих парова“**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Александар Димић је школске 2014/2015. године уписао докторске академске студије на Машинском факултету Универзитета у Београду. Све испите предвиђене планом докторских студија положио је са просечном оценом 10,00.

Кандидат је 18.12.2020. године поднео захтев за одобрење теме докторске дисертације на Машинском факултету Универзитета у Београду број 2040/1. За ментора је предложен др Милета Ристивојевић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду број 18/2 од 21.01.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Александра Димића, студента Докторских студија на Машинском факултету у Београду, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: „Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“ у следећем саставу:

- др Милета Ристивојевић, редовни професор (ментор),
Универзитет у Београду – Машински факултет

- др Божидар Росић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Радивоје Митровић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Александар Венцл, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Ивана Атанасовска, научни саветник,
Математички институт САНУ, Београд

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета у Београду број 509/2 од 18.03.2021. године прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да кандидат испуњава услове за израду дисертације. Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду донело је Одлуку број 61206-1345/2-21 од 31.03.2021. године којом се даје сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Александра Димића, под насловом: „Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“.

На основу обавештења проф. др Милете Ристивојевића да је кандидат Александар Димић завршио докторску дисертацију под насловом: „Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“, и предлога Катедре за Опште машинске конструкције, Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду је на седници одржаној 08.07.2021. године донело Одлуку број 1221/2 којом се именују чланови Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације у следећем саставу:

- др Милета Ристивојевић, редовни професор (ментор),
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Божидар Росић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Радивоје Митровић, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Александар Венцл, редовни професор,
Универзитет у Београду – Машински факултет
- др Ивана Атанасовска, научни саветник,
Математички институт САНУ, Београд

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра Димића под насловом „Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“, припада области техничких наука - машинству, ужој научној области **Опште машинске конструкције**, за коју је Машински факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора докторске дисертације одређен је др Милета Ристивојевић, редовни професор Машинског факултета Универзитета у Београду, који се бави истраживањима у ужој научној области Опште машинске конструкције, а посебно у области носивости зупчастих преносника снаге, што је тема предметне докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Александар (Раде) Димић рођен је 25.02.1990. године у Панчеву. Основну школу и средњу електротехничку школу “Никола Тесла”, завршио је у Панчеву. Машински факултет Универзитета у Београду уписао је 2009. године. На истом факултету дипломирао је 15.09.2014. године на модулу “Заваривање и заварене конструкције” са оценом 10 (десет). Основне академске студије завршио је са просечном оценом 8,89 (осам и 89/100), а мастер академске студије завршио је са просечном оценом 9,85 (девет и 85/100). Просечна оцена у току студија је 9,27 (девет и 27/100). За одличан успех током студија награђиван је похвалама поводом Дана факултета. На трећој години основних академских студија похађао је и успешно завршио курс за коришћење CAD софтвера Autodesk Inventor, на Машинском факултету Универзитета у Београду. За одличан успех у току студија био је стипендиран од стране: Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, фирме Messer Tehnogas AD и општине Панчево.

После завршених студија тј. одбране мастер (M.Sc.) рада, кандидат се уписује на прву годину докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду школске 2014/2015. године. У договору с потенцијалним ментором, проф. др М. Ристивојевићем, формирана је структура изборних предмета и дефинисано је подручје истраживања које покрива научну област Опште машинске конструкције, с фокусом на ужу област Зупчасти преносници снаге. Тренутно је студент треће године докторских студија. Ужа област истраживачког рада током докторских академских студија је аналитичко истраживање утицаја облика профила на носивост бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова и експериментално истраживање утицаја механизма уходавања на носивост контактних површина при чистом клизању и комбинованом клизању и котрљању.

Дана 05.03.2015. године је први пут, а 07.03.2018. године је други пут изабран у звање асистента на одређено време од 3 године, за ужу научну област Опште машинске конструкције. У овом временском интервалу учествовао је у реализацији наставе из следећих предмета: Машински елементи 1 (ОАС), Машински елементи 2 (ОАС), Основе конструисања (ОАС), Репарација машинских делова и конструкција (ОАС), Конструисање М (МАС), Поузданост конструкција (МАС).

Члан је националне комисије за Безбедност машина (КС М199) Института за стандардизацију Србије. Од 2015. године је члан стручне организације АДЕКО (Асоцијација за Дизајн, Елементе и Конструкције). Учесник је на пројекту TR35029 - Развој методологија за повећање радне способности, поузданости и енергетске ефикасности машинских система у енергетици, финансираном од Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Учествовао је у неколико међународних билатералних пројеката. Учествовао је у изради неколико стручних елабората, реализованих у оквиру сарадње са привредом. Влада енглеским језиком: говори, чита и пише. У периоду од 05.05.2017. до 06.06.2017. године био је на једномесечном усавршавању у НР Кини, у оквиру иницијативе „One belt – one road“.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Александра Димића под називом “Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова” написана је на српском језику латиничним писмом и садржи: 160 страна формата А4, 2 стране А3 формата, 94 слике, 13 табела, 79 једначина и 135 библиографских референци.

Докторска дисертација садржи следећа поглавља:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања
3. Циљ дисертације
4. Површинска носивост бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова
5. Утицај расподеле оптерећења и облика профила зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова
6. Утицај механизма уходавања на површинску носивост зубаца цилиндричних зупчастих парова
7. Закључак
8. Прилози
9. Литература

Докторска дисертација садржи насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о ментору и члановима комисије, кратак резиме докторске дисертације на српском и енглеском језику, предговор, списак слика, списак табела, садржај, девет тематских поглавља, преглед коришћене литературе, биографију аутора, Изјаву о ауторству, Изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, уводном поглављу истакнута је важност и заступљеност цилиндричних зупчастих парова у процесу преношења и трансформације механичке енергије. Дате су опште информације о значају цилиндричних зупчастих парова као виталних машинских елемената, истакнут је значај њиховог сигурног и поузданог рада, и наведени су основни узроци отказа зупчастих парова. Указано је на јаку повезаност отказа цилиндричних зупчастих парова и триболошких услова у којима раде. Истакнута је потреба за сталним усавршавањем метода прорачуна, технологија израде, завршне машинске и термичке обраде, уградње и експлоатације на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова.

Друго поглавље даје детаљан преглед научних радова из области расподеле оптерећења и анализе утицаја облика профила зубаца на носивост цилиндричних зупчастих парова који раде у условима једноструке, двоструке и троструке спреге зубаца. Ово поглавље садржи и критички осврт на постојеће конвенционалне методе прорачуна у којима су одређени утицајни фактори потпуно изгубили своја изворна, физичка значења, чиме је отежано њихово правилно тумачење и интерпретација. У овом поглављу наведене су последње измене конвенционалних метода прорачуна површинске носивости цилиндричних зупчастих парова које су садржане у међународним ISO стандардима. Предочен је значајан утицај облика профила зубаца на површинску и запреминску чврстоћу зубаца. Такође, дат је детаљан преглед доступних научних радова из области експерименталног испитивања процеса уходавања, како на триболошким моделима (диск по диску, блок по диску, епрувета по диску) тако и на реалним машинским елементима (зупчасти парови, клизни лежаци, клипни механизми). Објашњен је термин индукованог насупрот природног уходавања, и истакнут је његов значајан утицај на понашање контактних површина у раду.

Треће поглавље, након прегледа доступне научне литературе из области расподеле оптерећења, облика профила и уходавања које су представљене у другом поглављу, укратко

описује предмет и циљ дисертације. Ово поглавље такође садржи полазне научне хипотезе, односно претпоставке које су усвојене при изради дисертације.

У четвртном поглављу се, на основу Херцових модела за додир два цилиндра паралелних подужних оса у стању мировања, формирају изрази за контактни напон на боковима зубаца цилиндричних зупчаника у произвољној тачки додира. Истакнута је разлика између Херцовог модела и модела додира две закривљене еволвентне површине, и указана је потреба за увођењем корекционих фактора у израз за контактни напон бокова зубаца. Дефинисани су прецизнији критеријуми за проверу површинске чврстоће зубаца засновани на интензитету контактнoг напона на боковима зубаца. У овом поглављу су детаљно сагледана радна, али и критична стања бокова зубаца цилиндричних зупчаника. Описани су основни видови површинског разарања, као и основни узрочници за њихово настајање.

Пето поглавље представља једно од два главна поглавља дисертације. У овом поглављу анализирана је гранична расподела оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца. Формирани су гранични модели расподеле оптерећења, а затим су дефинисани егзактни изрази за фактор расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца. Указано је на одступање апроксимативних изрази за фактор степена спрезања Z_c у односу на егзактне моделе. Резултати ових истраживања објављени су у чланку [1], у научном часопису *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, категорије М22. У овом поглављу такође су предложена два прецизнија апроксимативна модела (аналитички и нумерички), и извршена је њихова упоредна анализа са егзактним аналитичким изразима за фактор расподеле оптерећења. Затим је, за теоријску расподелу оптерећења, извршена анализа утицаја облика профила на интензитет контактнoг напона у карактеристичним тачкама додира на боковима зубаца. Различити облици профила зубаца генерисани су варирањем следећих утицајних величина: угла профила, коефицијента померања профила и броја зубаца. Применом методе коначних елемената формирани су нумерички модели који су потом употребљени за верификацију развијених аналитичких модела.

Шесто поглавље представља друго од два главна поглавља дисертације. Истраживања у оквиру овог поглавља извршена су применом експерименталних метода у лабораторијским условима. Анализиран је процес индукованог уходавања и облика профила зубаца, као и њихова примена на побољшање носивости и триболошких карактеристика контактних површина у условима линијског додира и граничног подмазивања. Испитивања су вршена на триболошким моделима типа блок и диск, и реалним моделима-цилиндричним зупчаницима са правим зупцима. Испитивања на трибометру су усмерена на одређивање најутицајнијих величина на процес индукованог уходавања. Резултати ових истраживања су верификовани објављивањем чланка [2], у научном часопису *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, категорије М23. Експериментална испитивања цилиндричних зупчастих парова са правим зупцима вршена су на уређају са затвореним колом снаге. Ова испитивања су имала за циљ детаљно сагледавање истовременог утицаја индукованог уходавања и облика профила на површинску носивост бокова зубаца. Различити облици профила добијени су варирањем угла профила. У овом поглављу садржане су детаљне информације о карактеристикама материјала, условима испитивања, методама карактеризације, лабораторијске опреме употребљене за испитивање и карактеризацију узорака. Приликом испитивања цилиндричних зупчаника експерименталним путем посредно су верификовани резултати аналитичких и нумеричких анализа представљени у петом поглављу.

Седмо поглавље садржи одговарајућа закључна разматрања конципирана на основу главних резултата до којих се дошло током истраживања спроведених у оквиру предметне дисертације (Поглавља бр. 4 и 5). Такође, на основу остварених резултата и стечених искустава, дате су опште смернице за будућа истраживања из области површинске носивости бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

С обзиром на значај цилиндричних зупчастих парова као основних машинских елемената за пренос и трансформацију механичке енергије, истраживања у области површинске носивости бокова зубаца су стално актуелна. О томе говори велики број радова објављених у научно-стручној литератури током последњих година, али и сталне измене конвенционалних метода прорачуна садржаних у ISO стандардима. Докторска дисертација кандидата Александра Димића припада области теоријског и експерименталног проучавања површинске носивости бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова. У дисертацији су равијени прецизнији модели за одређивање површинске носивости бокова зубаца са аспекта контактнoг притиска, као и услове уходавања у циљу побољшања триболошких карактеристика контактних површина. На основу овога, могу се остварити значајне економске, енергетске и еколошке уштеде, што је последњих година императив међународне научне заједнице. У оквиру докторске дисертације примењен је већи број савремених специфичних аналитичких, статистичких, нумеричких и експерименталних метода истраживања. Оригиналност и савременост резултата који су добијени у оквиру докторске дисертације верификовани су објављивањем радова који су публиковани и саопштени на домаћим и међународним научним скуповима, и објављени у релевантним часописима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде докторске дисертације кандидат је детаљно истражио постојећу релевантну литературу, која покрива посматрану научну област. Велики број радова новијег је датума што указује на актуелност одабране проблематике. На основу обима коришћене литературе може се закључити да је кандидат имао темељан увид у досадашње доприносе у овој и блиским научним областима. Наведено је укупно 135 библиографских референци. Коришћена литература обухвата и радове из часописа међународног значаја, радове на међународним и националним конференцијама, на којима је кандидат аутор, а који су директно проистекли из рада на докторској дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологије истраживања у оквиру докторске дисертације састојале су се од следећих активности:

- Преглед и анализа доступне научне литературе из области утицаја расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца и облика профила зубаца на носивост цилиндричних зупчастих парова у циљу дефинисања теоријских научних циљева дисертације.
- Критички осврт на актуелне конвенционалне методе прорачуна површинске носивости бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова, уз детаљно физичко објашњење апроксимативних модела за фактор степена спрезања.

- Формирање егзактних аналитичких модела који узимају у обзир утицај дужина тренутних линија додира у пољу спрезања на површинску носивост бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова.
- Упоредна анализа апроксимативних конвенционалних модела фактора степена спрезања и егзактних аналитичких модела расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца.
- Формирање два прецизнија апроксимативна модела чијом се применом значајно повећава тачност прорачуна носивости бокова зубаца са аспекта површинског напрезања.
- Статистичка анализа грешке која је последица одступања конвенционалног апроксимативног модела за фактор степена спрезања, и предложених апроксимативних модела од егзактних модела који обухватају утицај дужина тренутних линија додира у пољу спрезања на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова.
- Имплементација развијених модела у процедуру за прорачун површинске носивости бокова зубаца са аспекта контактнoг напона. Формирање критеријума за избор напона на боку зупца меродавног за проверу површинске носивости. Анализа контактнoг напона на боковима зубаца цилиндричних зупчастих парова са правим зупцима различитих облика профила применом нумеричких метода у програмском пакету Wolfram Mathematica.
- Преглед и анализа доступне научне литературе из области експерименталног истраживања утицаја природног и индукованог уходавања контактних површина, са освртом на примену индукованог уходавања као методе за побољшање површинске носивости бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова.
- Експериментално истраживање утицаја радних параметара брзине и оптерећења индукованог уходавања на површинску носивост контактних површина триболошких модела (диск и блок)
- Експериментално истраживање истовременог утицаја индукованог уходавања и облика профила бокова зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова.

Примењене методологије истраживања у потпуности одговарају стандардима научно-истраживачког рада и довеле су до остваривања дефинисаних научних циљева докторске дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати добијени у оквиру разматране докторске дисертације, поред научне вредности верификоване публикавањем радова у међународним часописима, имају и значајну практичну примену. Развијени егзактни аналитички, и апроксимативни аналитички и нумерички модели који узимају у обзир дужине тренутних линија додира у пољу спрезања могу се имплементирати у постојеће конвенционалне методе прорачуна површинске носивости бокова зубаца. Њиховом применом значајно се може повећати тачност конвенционалних модела. Ово је посебно изражено код цилиндричних зупчастих парова са косим зупцима. Поред овога, предложени апроксимативни нумерички модел (за разлику од постојећих конвенционалних) има јединствен облик, било да се ради о зупчаницима са правим или косим зупцима, услед чега је олакшана његова практична применљивост. Експериментални део дисертације указује на могућност практичне примене индукованог уходавања као погодне методе за побољшање површинске носивости контактних површина,

без потребе за skupим и захтевним завршним обрадама. Позитиван утицај индукованог уходавања на побољшање површинске носивости, односно триболошких карактеристика спрегнутих површина, показан је и код триболошких модела (блок и диск) и код реалних модела (цилиндрични зупчасти парови). Експериментални део дисертације је формулисан тако да су током његове израде испитивани узорци који су радили у условима чистог клизања и комбинованог клизања и котрљања.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

На основу прегледане докторске дисертације Комисија процењује да је кандидат Александар Димић показао способност за самостални научноистраживачки рад, почевши од систематичног прегледа доступне научне литературе, преко уочавања практичних проблема у области утицаја расподеле оптерећења и облика профила зубаца, као и утицаја индукованог уходавања на површинску носивост бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова. Кандидат је препознао потребу за повећањем тачности конвенционалних метода за прорачун површинске носивости бокова зубаца, и сагласно томе развио одговарајуће егзактне моделе прорачуна чијом применом се поменуто повећање тачности може остварити. Поред тога, способност кандидата за успешан самостални научноистраживачки рад се огледа реализацијом експерименталног истраживања унутар дисертације, у оквиру којег је кандидат спровео два експеримента у лабораторијским условима. Наведени квалитети и способности кандидата потврђени су радовима које је исти публиковао у часописима међународног значаја, и већим бројем радова саопштеним на међународним конференцијама и часописима од националног значаја.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Оригинални научни допринос кандидата Александра Димића и његовог докторског рада под називом „Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“ огледа се у развоју егзактних аналитичких модела фактора расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца у условима идеално равномерне расподеле оптерећења. Поред егзактних, у дисертацији су развијени и прецизнији апроксимативни модели (аналитички и нумерички) за одређивање фактора степена спрезања Z_e , који у конвенционалним поступцима прорачуна узима у обзир утицај дужина тренутних линија додира у пољу спрезања на површинску носивост бокова зубаца. Поменута проблематика садржана је у петом поглављу докторске дисертације, на странама 34-53, а главни резултати ове анализе објављени су у научном чланку [1], категорије M22 у часопису *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering* (<https://doi.org/10.1007/s40430-021-02886-w>) и саопштени су на међународној конференцији [7] (е адреса: <http://www.vti.mod.gov.rs/oteh/elementi/rad/065.pdf>).

Оригинални научни допринос у области индукованог уходавања контактних површина огледа се у резултатима испитивања триболошких модела (блока и диска) иницијално храпавих површина, који су публиковани у научном чланку [2], категорије M23 у часопису *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology* (<https://doi.org/10.1177/13506501211027711>). У потпоглављу „Results and discussion“ рада [2], приказан је утицај индукованог уходавања на побољшање триболошких карактеристика контактних површина. Наведени материјал налази се у потпоглављу 6.1 доктората, стране 93-102.

Остали значајни доприноси докторске дисертације су:

У потпоглављу 6.2, стране 102-121 приказани су резултати експерименталног истраживања истовременог утицаја индукованог уходавања и облика профила зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова. Испитивања су вршена са зупчаницима са правим зупцима, на уређају са затвореним колом снаге, у лабораторијским условима. Показано је у којој мери индуковано уходавање и облик профила зубаца могу парцијално и/или кумулативно утицати на побољшање површинске носивости зубаца.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Систематичним прегледом релевантне научне литературе и постојећих решења из области докторске дисертације, Комисија констатује да су приказани резултати истраживања кандидата Александра Димића значајни и научно утемељени. Сагледавањем постављених циљева истраживања, полазних претпоставки и остварених резултата који су представљени у докторској дисертацији констатујемо да је кандидат успешно одговорио на постављене научне циљеве дисертације. Развијени аналитички и нумерички модели и резултати експерименталних истраживања имају велику применљивост у области површинске носивости цилиндричних зупчастих парова, у домену теоријских истраживања и практичне примене.

Комисија констатује да су научни доприноси остварени у докторској дисертацији верификовани објављивањем у истакнутом међународном научном часопису категорије M22 и међународном научном часопису категорије M23, као и зборницима међународног и националног значаја.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси који су презентовани у докторској дисертацији верификовани су објављивањем следећих радова:

- Радови објављени у истакнутом међународном часопису (M22)

[1] **Dimić A.**, Ristivojević M., Rosić B. (2021) *Boundary load distribution of simultaneously meshed gear teeth pairs*, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. 43-3, <https://doi.org/10.1007/s40430-021-02886-w>, IF₂₀₂₀=2,220.

- Радови објављени у међународном часопису (M23)

[2] **Dimić A.**, Vencel A., Ristivojević M., Mitrović R., Mišković Ž., Milivojević A. (2021) *Influence of the running-in process on the working ability of contact surfaces in lubricated sliding conditions*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, Vol.0-0 (Online first), <https://doi.org/10.1177/13506501211027711>, IF₂₀₂₀=1,674.

- Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

[3] Ristivojević M., **Dimić A.**, Dobratić P. (2015) *The influence of the running-in process of the gear flanks on the load distribution in simultaneously meshed tooth pairs*, Proceedings of the 14th International Conference on Tribology SERBIATRIB '15, Belgrade, Serbia, pp. 329-336.

[4] Ristivojević M., **Dimić A.**, Rosić B. (2016) *The influence of the running-in process of the gear flanks on the load distribution over the gear face width*, Proceedings of the BAPT (Balkan association on Power Transmission) Conference, Ohrid, Macedonia, pp. 163-170.

- [5] Ristivojević M., Rosić B., **Dimić A.** (2017) *The influence of helix angle on the load capacity of cylindrical gear flanks*, Proceedings of the 8th International Scientific Conference IRMES 2017., Machine elements and systems in energy sector, Trebinje, Bosnia and Herzegovina, pp. 183-189.
- [6] Mitrović R., Mišković Ž., Ristivojević M., **Dimić A.**, Danko J., Bucha J., Rackov M. (2018) *Determination of optimal parameters for rapid prototyping of the involute gears*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 393 012105, [doi:10.1088/1757-899X/393/1/012105](https://doi.org/10.1088/1757-899X/393/1/012105)
- [7] **Dimić A.**, Ristivojević M., Petrović G. (2020) *Influence of the contact lines length on load capacity of cylindrical gear teeth flanks*, Proceedings of the 9th International Scientific Conference on Defensive Technologies OTEH 2020 (<http://www.vti.mod.gov.rs/oteh/elementi/rad/065.pdf>)
- Рад у часопису националног значаја (M52)

[8] Mišković Ž., Mitrović R., Stamenić Z., **Dimić A.**, Danko J., Bucha J., Milesich T. (2018) *Comparison of 3D printed gear's geometrical characteristics*, Machine Design, Vol. 10, No.1, ISSN 1821-1259, pp. 1-6, [doi:10.24867/MD.10.2018.1.1-6](https://doi.org/10.24867/MD.10.2018.1.1-6)

[9] Sedak M., Rosić B., Ristivojević M., Mitrović R., **Dimić A.**, Mišković Ž. (2018) *Efficiency analysis of planetary gears*, Machine Design, Vol. 10, No.4, ISSN 1821-1259, pp. 139-142, [doi:10.24867/MD.10.2018.4.139-142](https://doi.org/10.24867/MD.10.2018.4.139-142)

[10] Ristivojević M., Mitrović R., Rosić B., **Dimić A.**, Mišković Ž., Stamenić Z., Sedak M. (2018) *Typified machine parts series load capacity analysis from aspect of structural strength*, Machine Design, Vol. 10, No.2, ISSN 1821-1259, pp. 31-36, [doi:10.24867/MD.10.2018.2.31-36](https://doi.org/10.24867/MD.10.2018.2.31-36)
 - Радови у часописима реферисаним у индексној бази SCOPUS

[11] **Dimić A.**, Mišković Ž., Mitrović R., Ristivojević M., Stamenić Z., Danko J., Bucha J., Milesich T. (2018) *The influence of material on the operational characteristics of spur gears manufactured by the 3D printing technology*, Journal of MECHANICAL ENGINEERING – Strojnícky časopis, ISSN 2450-5471, Vol 68, No. 3, pp. 261-270, [doi:10.2478/scjme-2018-0039](https://doi.org/10.2478/scjme-2018-0039)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације и горе изнетог, имајући у виду квалитет и научни допринос дисертације, Комисија за преглед, оцену и одбрану ове докторске дисертације закључује да је кандидат

Александар Р. Димић, маг. инж. маш.,

успешно завршио докторску дисертацију под називом:

„Утицај облика профила и уходавања зубаца на површинску носивост цилиндричних зупчастих парова“.

Комисија закључује да дисертација представља значајан и оригиналан научни рад са научним доприносом у научној области Машинско инжењерство, ужа научна област Опште машинске конструкције.

Комисија закључује да је докторска дисертација урађена сходно стандардима научно истраживачког рада, да испуњава све услове и да је у складу са Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Машинског факултета Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно научно већу Машинског факултета у Београду да овај реферат прихвати, да дисертацију стави на увид јавности, да реферат упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да се након завршених процедура, кандидат Александар Димић, маг. инж. маш. позове на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом овом саставу.

У Београду, 08.09.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Милета Ристивојевић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Божидар Росић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Радивоје Митровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Александар Венцл, редовни професор
Универзитет у Београду – Машински факултет

др Ивана Атанасовска, научни саветник
Математички институт САНУ, Београд

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 1221/5
Датум: 16.09.2021. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 40. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 88/2017 и 27/2018-др. закон), члана 48. Правилника о докторским студијама, члана 64. Статута Машинског факултета - пречишћен текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 16.09.2021. године, донело је

ОДЛУКУ

Усваја се реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији **„УТИЦАЈ ОБЛИКА ПРОФИЛА И УХОДАВАЊА ЗУБАЦА НА ПОВРШИНСКУ НОСИВОСТ ЦИЛИНДРИЧНИХ ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА“** студента **АЛЕКСАНДРА ДИМИЋА**, маг. инж. маш.

Јавна одбрана докторске дисертације обавиће се по добијању сагласности Универзитета у Београду.

Универзитет у Београду је својом Одлуком број 61206-1345/2-21 од 31.03.2021. године, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

Објављени радови студента у часописима међународног значаја:

1. Dimić A., Ristivojević M., Rosić B. (2021) *Boundary load distribution of simultaneously meshed gear teeth pairs*, Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, Vol. 43-3, <https://doi.org/10.1007/s40430-021-02886-w>, IF2020=2,220.
2. Dimić A., Venci A., Ristivojević M., Mitrović R., Mišković Ž., Milivojević A. (2021) *Influence of the running-in process on the working ability of contact surfaces in lubricated sliding conditions*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology, Vol.0-0 (Online first), <https://doi.org/10.1177/13506501211027711>, IF2020=1,674.

Одлуку доставити: студенту, ментору, Катедри за ОМК и архиви Факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић