

Факултет МАШИНСКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

509/2
(Број захтева)Већу научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно
Члану 6. и чл. 7 став 1. овог Правилника)18.03.2021.
(Датум)**ЗАХТЕВ**
за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да сходно чл. 46. ст.5. тач.3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације

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

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Опште машинске конструкције

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног родитеља и презиме кандидата: АЛЕКСАНДРА (РАДЕ) ДИМИЋА2. Назив и седиште Факултета на коме је стекао високо образовање: Машински факултет Београд3. Година дипломирања: 2014.

4. Назив магистарске тезе кандидата: _____

5. Назив Факултета на коме је магистарска теза одбрањена: _____

6. Година одбране магистарске тезе: _____

7. Назив Факултета на коме је кандидат уписао докторске студије: Машински факултет Београд

Одсек, смер или група: _____

Година уписа докторских студија: 2014.Обавештавамо Вас да је _____ Наставно-научно веће Факултета
(назив надлежног тела Факултета)на седници одржаној 18.03.2021
размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.**ДЕКАН**
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТАпроф. др Радивоје Митровић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.

2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
Број: 509/2
Датум: 18.03.2021. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Александра Димића**, маст. инж. маш., бр. 2040/1 од 18.12.2020. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Милета Ристивојевић, ред. проф., др Божидар Росић, ред. проф., др Радивоје Митровић, ред. проф., др Александар Венцл, ред. проф. и др Ивана Атанасовска, научни саветник, Математички институт Српске академије наука и уметности број 509/1 од 12.03.2021. године, а 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 (број 1450/4 од 14.06.2018. године) и члана 30. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 18.03.2021. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **АЛЕКСАНДАР ДИМИЋ**, маст. инж. маш. испуњава услове за израду докторске дисертације **«УТИЦАЈ ОБЛИКА ПРОФИЛА И УХОДАВАЊА ЗУБАЦА НА ПОВРШИНСКУ НОСИВОСТ ЦИЛИНДРИЧНИХ ЗУПЧАСТИХ ПАРОВА»**.

За ментора студенту **Александру Димићу**, именује се **др Милета Ристивојевић, ред. проф.**

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

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Радивоје Митровић

ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

Предмет: Подобност теме и кандидата **Александра Р. Димића** за израду докторске дисертације

На основу Захтева за одобрење теме докторске дисертације број 2040/1 од 18. децембра 2020. године који је поднео кандидат **Александар Р. Димић, маг. инж. маш.**, студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, сагласности Катедре за Опште машинске конструкције број 18/1 од 11. јануара 2021. године и Одлуке Наставно научног већа Машинског факултета у Београду број 18/2 од 21. јануара 2021. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под насловом:

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

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Биографски подаци

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 кандидат је награђиван похвалама поводом Дана факултета. На трећој години основних академских студија кандидат је похађао и успешно завршио курс за коришћење CAD софтвера Autodesk Inventor, на Машинском факултету Универзитета у Београду. За одличан успех у току студија кандидат је био стипендиран од стране: Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, компаније 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, кандидат је формирао структуру изборних предмета и дефинисао подручје истраживања које покрива научну област Опште машинске конструкције, с фокусом на ужу област Зупчасти преносници снаге. Кандидат је тренутно 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 дана 07.03.2018. године је други пут изабран у звање асистента на одређено време од 3 године, за ужу научну област Опште машинске конструкције.

Кандидат је од 2017. године члан националне комисије за Безбедност машина (КС М199) Института за стандардизацију Србије. Од 2015. године кандидат је члан стручне организације АДЕКО (Асоцијација за Дизајн, Елементе и Конструкције). Влада енглеским језиком: говори, чита и пише. У периоду од 05.05.2017. до 06.06.2017. године кандидат је био на једномесечном усавршавању у НР Кини, у оквиру иницијативе „One belt – one road“.

1.2 Стечено научноистраживачко искуство

1.2.1 Преглед положених испита

У оквиру Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду кандидат Александар Димић положио је све испите предвиђене Програмом усавршавања са просечном оценом 10,00.

У складу са Правилником за Докторске студије Машинског факултета Универзитета у Београду кандидат је успешно урадио и пред члановима катедре за Опште машинске конструкције одбранио Пројекат идеје докторске дисертације. Преглед свих положених испита дат је у наредној табели.

Бр.	Назив предмета	Предметни наставник	Семестар / ЕСПБ	Оцена
Обавезни предмети				
1.	Виши курс математике	проф. др Слободан Радојевић	1/5	10(десет)
2.	Нумеричке методе	проф. др Миодраг Спалевић	1/5	10(десет)
3.	ОМНИР и комуникација	проф. др Милош Недељковић	1/5	10 (десет)
4.	Одабрана поглавља из механике	проф. др Драгомир Зековић	2/5	10 (десет)
5.	Истраживање и публикавање 1	проф. др Милета Ристивојевић	1/10	10 (десет)
6.	Истраживање и публикавање 2	проф. др Милета Ристивојевић	2/15	10 (десет)
7.	Истраживање и публикавање 3	проф. др Милета Ристивојевић	3/20	10 (десет)
8.	Истраживање и публикавање 4	проф. др Милета Ристивојевић	4/8	10 (десет)
9.	Пројекат идеје докторске дисертације	проф. др Милета Ристивојевић	4/22	10 (десет)
Изборни предмети				
10.	Инжењерство површина	проф. др Александар Венцл	1/5	10 (десет)
11.	Одабрана поглавља из машинских елемената Б	проф. др Милета Ристивојевић	2/5	10 (десет)
12.	Одабрана поглавља из машинских елемената В	проф. др Татјана Лазовић	2/5	10 (десет)
13.	Одабрана поглавља из Конструисања А	проф. др Милета Ристивојевић	3/5	10 (десет)
14.	Планетарни преносници	проф. др Божидар Росић	3/5	10 (десет)

1.2.2 Учесће у извођењу наставе

Од првог избора у звање асистента (05. март 2015. године) кандидат активно учествује у извођењу аудиторних вежби из групе предмета Катедре за Опште машинске конструкције на Основним академским студијама (Машински елементи 1, Машински елементи 2, Основе конструисања и Репарација машинских делова и конструкција), и на Мастер академским студијама (Конструисање М и Поузданост конструкција). Кандидат активно учествује у комисијама за избор и припрему испитних задатака на писменим испитима Катедре за Опште машинске конструкције. Педагошки рад кандидата је од стране студената оцењен високом оценом.

1.2.3 Списак објављених научних радова и других релевантних резултата и активности које опредељује афинитет кандидата за рад на предложеној теми

1.2.3.1 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 43:166 (<https://doi.org/10.1007/s40430-021-02886-w>).

1.2.3.2 Радови саопштени на скупу међународног значаја, штампани у целини (M33)

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Mitrović R., Mišković Ž., Ristivojević M., **Dimić A.**, Danko J., Bucha J., Milesich T. (2018) *Statistical correlation between the printing angle and stress and strain of 3D printed models* – ECF22-Loading and Environmental effects on Structural integrity, Procedia Structural Integrity 13, pp. 475-482.
5. **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.
6. Đorđević B., Sedmak A., Petrovski B., **Dimić A.** (2020) *Weibull probability distribution for reactor steel 20MnMoNi55 cleavage fracture in transition temperature* – 1st Virtual European Conference on Fracture, Procedia Structural Integrity 28, pp. 295–300.

1.2.3.3 Радови објављени у врхунском часопису националног значаја (M51)

1. 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)).
2. **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 – Strojnički 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)).

1.2.3.4 Радови објављени у истакнутом националном часопису (M52)

1. 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))
2. 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))

1.2.4 Учешће у научним пројектима

Кандидат је тренутно учесник на пројекту TP35029 - Развој методологија за повећање радне способности, поузданости и енергетске ефикасности машинских система у енергетици, чији је

руководилац проф. др Радивоје Митровић, а који је финансиран од Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. У периоду од 2015.-2021. године кандидат је учествовао на следећим међународним билатералним пројектима:

1. *Research on the state of gear teeth surface made from 3D printing at low load operation*, Универзитет у Београду, Машински факултет – *Slovak University of Technology* у Братислави, билатерални пројекат Словачка – Србија бр. SK-SRB-2016-0054.
2. *Research on the dynamic properties of rubber-metal electric motor mount for electric vehicles*, Универзитет у Београду, Машински факултет – *Slovak University of Technology* у Братислави, билатерални пројекат Словачка – Србија бр. 337-00-107/2019-09/05.
3. Нумеричко и експериментално истраживање динамичког понашања котрљајних лежаја у циљу повећања радног века, поузданости и енергетске ефикасности техничких система, Универзитет у Београду, Машински факултет – Машински факултет Универзитет у Подгорици, билатерални пројекат Црна Гора – Србија бр. 451-03-01414/2016- 09/7, 2016-2018.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Током научноистраживачког рада на Катедри за Опште машинске конструкције Машинског факултета Универзитета у Београду кандидат Александар Димић је остварио одличне резултате, како кроз положене испите, тако и кроз публиковане радове. Својим досадашњим истраживачким активностима кандидат је испољио велику заинтересованост и способност за научноистраживачки рад у области Машинства–Општих машинских конструкција, којој припада предложена тема докторске дисертације.

Досадашњи објављени радови и истраживачка делатност кандидата суштински су повезани са научном облашћу којој припада предложена тема докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан и ефикасан рад на предложеној теми.

На основу биографских података кандидата, положених испита и одбрањеног Пројекта о идеји докторске дисертације на Докторским студијама, његових научних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да је кандидат подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ ИСТРАЖИВАЊА

Предмет истраживања предложене докторске дисертације је развој прецизнијих математичких модела за анализу радне способности цилиндричних зупчастих парова са аспекта површинске чврстоће бокова зубаца тј. отпорности на хабање и сагледавање утицаја услова уходавања на повећање површинске носивости контактних површина. Узимајући у обзир да је облик профила зубаца изразита функција угла профила и коефицијента померања профила, и да има изражен утицај на површинску носивост бокова, у докторској дисертацији ће се детаљно сагледати утицај ових величина на расподелу оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца (посредством степена спрезања профила и степена спрезања бочних линија, односно дужина тренутних линија додира у пољу спрезања) и на интензитет контактнoг притиска на додирним површинама зубаца. У предложеном раду формирају се егзактни изрази за одређивање интензитета контактнoг притиска у карактеристичним тачкама додира за случај једноструке и двоструке, и двоструке и троструке спреге. Затим, у дисертацији се врши упоредна анализа егзактних израза са приближним изразима који у конвенционалним методама прорачуна узимају у обзир утицај дужине тренутних линија додира на носивост бокова, као и нумерички добијених вредности контактнoг притиска на боковима зубаца.

Сагледавањем истовременог утицаја геометријско-кинематских параметара (угао профила, коефицијент померања профила и кинематски преносни однос) на напонско стање на боковима спрегнутих зубаца, кандидат у оквиру дисертације формира тачнији модел за идентификацију карактеристичне тачке на боку зупца у којој се генерише контактни притисак меродаван за проверу радне способности зубаца са аспекта површинске чврстоће. Верификација тачности модела извршиће се применом нумеричких и експерименталних метода.

У експерименталном делу дисертације, кандидат спроводи детаљну анализу утицаја услова уходавања на радну способност контактних површина. Ова истраживања кандидат групише у две категорије: испитивања на упрошћеним моделима (трибометар типа диск по блоку) и испитивања конкретних машинских делова (цилиндричних зупчастих парова са правим зупцима) на затвореном

колу снаге. Детаљним сагледавањем утицаја услова уходавања на триболошке карактеристике (трење и хабање, вибрације и температура) контактних површина у оквиру дисертације дефинишу се оптимални услови уходавања са аспекта брзине и радног оптерећења.

3. НАУЧНИ ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Систематизација постојећих истраживања у области расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца цилиндричних зупчастих парова и уходавања контактних површина.
- Дефинисање теоријске-идеално равномерне расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца и формирање егзактних аналитичких модела за одређивање граничних вредности фактора расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца.
- Упоредна анализа формираних егзактних модела и приближних модела који у конвенционалним методама прорачуна узимају у обзир расподелу оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца.
- Имплементација формираних егзактних модела у поступке за прорачун контактнoг притиска у циљу добијања поузданијих података о радним и критичним напонима на боковима зубаца цилиндричних зупчаника.
- Анализа утицаја облика профила на интензитет контактнoг напона бокова зубаца у циљу дефинисања критеријума за одређивање тачке меродавне за проверу носивости бокова.
- Валидација добијених теоријских резултата експерименталним и нумеричким методама.

4. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Истраживања у оквиру предложене докторске дисертације спроводе се респектујући следеће претпоставке:

- У зони контакта спрегнутих бокова зубаца владају само еластичне деформације.
- Расподела површинског притиска у зони контакта две еволвентне површине је симетрична у односу на њихову заједничку нормалу.
- Гранична, идеално равномерна расподела оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца зависи само од геометријских и кинематских величина зупчастог пара.
- Интензитет контактнoг притиска на боковима зубаца цилиндричних зупчастих парова је изразита функција облика профила зубаца и расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих зубаца.
- Процес уходавања има изражен утицај на побољшање површинске храпавости контактних површина.
- Процес уходавања има изражен утицај на радну способност контактних површина.
- Смер силе трења на боковима спрегнутих зубаца утиче на процес уходавања и површинску чврстоћу зубаца.

У наставку се наводи део актуелних референци које се баве предметном проблематиком која је референтна за ову докторску дисертацију:

1. Sanchez M. B., Pleguezuelos M., Pedrero J. I. (2017) *Approximate equations for the meshing stiffness and the load sharing ratio of spur gears including Hertzian effects*, Mechanism and Machine Theory 109: 231-249.
2. Sanchez M. B., Pedrero J. I., Pleguezuelos M. (2013) *Contact stress calculation of high transverse contact ratio spur and helical gear teeth*, Mechanism and Machine Theory 64: 93-110.
3. Liu L., Ding Y., Wu L., Liu G. (2014) *Effects of contact ratios on mesh stiffness of helical gears for lower noise design*, International Gear Conference Lyon, 320-329.

4. Marafona D. M., Marques M. T., Martins R. C., Seabra H. O. (2019) *Towards constant mesh stiffness helical gears: The influence of integer overlap ratios*, Mechanism and Machine Theory 136: 141-161.
5. Ristivojević M., Lazović T. (2017) *Influence of kinematic parameters and tooth geometry on gear tooth root load capacity*, Proceedings of the Romanian Academy, Series A, Volume 18: 174-181.
6. Ristivojević M., Lazović T., Vencl A. (2013) *Studying the load carrying capacity of spur gear tooth flanks*, Mechanism and Machine Theory 59: 125-137.
7. Blau P. J. (2005) *On the nature of running-in*, Tribology International 38: 1007-1012.
8. Clarke A., Weeks I. J. J., Snidle R. W., Evans H. P. (2016) *Running-in and micropitting behaviour of steel surfaces under mixed lubrication conditions*, Tribology International 101: 59-68.
9. Akbarzadeh S., Khonsari M. M. (2010) *On the prediction of running-in behavior in mixed-lubrication line contact*, Journal of Tribology Vol. 132 / 032102-1.
10. Horng J., Len M., Lee J. (2002) *The contact characteristics of rough surfaces in line contact during running-in process*, Wear 253: 899-913.
11. Mallipeddi D., Norell M., Sosa M., Nyborg L. (2017) *Influence of running-in on surface characteristics of efficiency tested ground gears*, Tribology International 115: 45-58.
12. Sosa M., Björklund S., Sellgren U., Olofsson U. (2015) *In situ surface characterization of running-in of involute gears*, Wear 341: 41-46.
13. Höhn B. R. (2010) *Improvements on noise reduction and efficiency of gears*, Meccanica 45: 425-437
14. Ravivarman R., Palaniradja K., Prabhu Sekar R. (2018) *Evolution of balanced root stress and tribological properties in high contact ratio spur gear drive*. Mechanism and Machine Theory 126:491–513.
15. Hammoudi A., Djeddou F., Atanasovska I. (2016) *Adaptive mixed differential evolution algorithm for bi-objective tooth profile spur gear optimization*, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 90: 2063–2073.
16. ISO/FDIS 6336-1 (2019) *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 1: Basic principles, introduction and general influence factors*
17. ISO/FDIS 6336-2 (2019) *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*
18. Höhn B.R., Oster P., Steinberger G. (2007) *Influences of load distribution and tooth flank modifications and their consideration in a new DIN/ISO compatible calculation method for pitting load capacity*. Proceedings of IDETC/CIE, pp 46–51.
19. Höhn B.R., Oster P., Braykoff C. (2010) *Size and material influence on the tooth root, pitting, scuffing and wear load-carrying capacity of fine-module gears*. VDI international conference on gears, Garching, pp 1295–1307.

Прва група радова [1-4] бави се анализом утицаја расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца на различите појаве код цилиндричних зупчаних парова као што су: интензитет радног напона, крутост зубаца у спрези, бука, вибрације, итд. Међутим, у овим радовима фактор расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца одређен је нумерички, приближно, при чему није јасно дефинисана његова физикалност, као ни граничне вредности.

У другој групи радова [5,6] анализиран је утицај расподеле оптерећења на напонско стање на боковима и у подножју зубаца када се у току додирног периода смењују једнострука и двострука спрега. У овим радовима, међутим, за случај двоструке и троструке спреге нису дати егзактни изрази за одређивање граничних вредности овог фактора, као ни критеријуми за одређивање тачке на профилу зупца меродавне за проверу површинске носивости бокова.

Трећа група радова [7-12] припада области уходавања. У раду [7] уводи се концепт индукованог уходавања, односно процеса уходавања код којег се врши варирање радних параметара у циљу побољшања носивости контактних површина. Радови [8-10] се баве теоријско-експерименталним истраживањима уходавања на упрошћеним моделима (трибометрима), док се радови [11,12] баве експерименталним истраживањима уходавања на зупчаним паровима. Ова група радова представља полазну основу за дефинисање радних параметара експерименталних истраживања у оквиру дисертације.

У радовима [13-15] истакнут је значајан утицај геометријско-кинематских параметара (облик профила зупца) на радну способност зубаца и радне карактеристике зупчаних парова.

Референце [16] и [17] представљају стандардизоване, конвенционалне поступке за прорачун носивости бокова зубаца у којима је утицај истовремене расподеле оптерећења обухваћен приближним изразима, чиме се значајно смањује тачност ових поступака. Референце [18] и [19] представљају научне радове у којима се предлаже корекција постојећих конвенционалних поступака прорачуна носивости зубаца цилиндричних зупчастих парова. Ове референце, као и дисертација, указују на перманентну потребу за унапређивањем и усавршавањем конвенционалних поступака провере носивости зубаца у циљу повећања поузданости резултата.

5. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Током реализације циљева истраживања примениће се следеће научне методе:

- За формирање математичког модела расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца у условима једноструке и двоструке и двоструке и троструке спреге, као и модела за сагледавање утицаја облика профила на расподелу оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца и напонско стање на контактним површинама бокова користиће се аналитичке методе истраживања.
- За формирање нумеричког модела користиће се метода коначних елемената у циљу успостављања корелације између напонског стања на боку зупца и облика профила спрегнутих зубаца под дејством јединичног оптерећења у свакој тачки додира спрегнутих зубаца.
- За сагледавање утицаја услова разрађивања на побољшање носивости контактних површина тј. отпорности на хабање користиће се експерименталне методе истраживања у лабораторијским условима. Применом методе сличности радни услови и резултати добијени експерименталним испитивањем упрошћених модела (трибометар типа епрувета по прстену) искористиће се за дефинисање услова експерименталног испитивања конкретних машинских делова, у овом случају цилиндричних зупчастих парова са правим зупцима, на затвореном колу снаге.
- За обраду и анализу резултата експерименталних испитивања користиће се статистичке методе.

6. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Успешном реализацијом циљева истраживања и применом поменутих научних метода и поступака, могу се очекивати следећи научни доприноси:

- Разјашњавање феномена граничне-идеално равномерне расподеле оптерећења код истовремено спрегнутих парова зубаца и њеног утицаја на носивост бокова зубаца у условима вишеструке спреге цилиндричних зупчастих парова. Формирање егзактних математичких модела расподеле оптерећења и аналитичких модела за сагледавање истовременог утицаја расподеле оптерећења и облика профила зубаца на носивост бокова зубаца. Дефинисање егзактних критеријума за одређивање напона на боку зупца меродавног за проверу радне способности зубаца са аспекта површинске чврстоће. Имплементацијом развијених модела у конвенционалне поступке прорачуна значајно би се повећао ниво поузданости података о радним и критичним вредностима напона на боковима зубаца цилиндричних зупчастих парова, чиме би огледао и стручни допринос дисертације.
- Сагледавање утицаја процеса индукованог уходавања на радну способност контактних површина бокова зубаца цилиндричних зупчастих парова на основу развијених математичких модела и спроведених експерименталних истраживања на моделима (епруветама) и реалним зупчастим паровима на уређају са затвореним колом снаге. Развој нумеричког модела (применом методе коначних елемената) за верификацију добијених резултата.

7. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације одвијаће се кроз следеће фазе:

- Системација досадашњих резултата у предложеној научној области.
- Дефинисање проблема одређивања тачке на боку зупца меродавне за израчунавање напона за проверу радне способности зубаца са аспекта површинске чврстоће.
- Дефинисање фактора расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца.
- Одређивање граничних вредности фактора расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца за случај граничне, идеално равномерне расподеле оптерећења, цилиндричних зупчастих парова који раде у области једноструке и двоструке, и двоструке и троструке спреге.
- Имплементација фактора расподеле оптерећења истовремено спрегнутих парова зубаца и формирање егзактних аналитичких модела за израчунавање напона у карактеристичним тачкама на боку зупца.
- Формирање приближних модела расподеле оптерећења за практичну примену.
- Провера тачности формираних егзактних и приближних модела расподеле оптерећења применом нумеричких метода.
- Формирање модела за истовремену анализу утицаја облика профила зубаца и расподеле оптерећења на носивост бокова зубаца.
- Дефинисање експерименталних услова за испитивање процеса уходавања контактних површина.
- Спровођење експерименталних истраживања процеса уходавања уз варирање главних радних параметара: брзине и оптерећења.
- Мерење и обрада резултата експерименталних истраживања.
- Закључна разматрања.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу детаљне анализе пријаве теме докторске дисертације кандидата Александра Р. Димића, маг. инж. маш., Комисија за подношење извештаја закључује да је предложена тема научно утемељена и адекватна за израду докторске дисертације, као и да пружа могућност остваривања значајних научних и стручних доприноса. Кандидат, који је студент Докторских студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета Универзитета у Београду и има научноистраживачке способности за рад на предметној докторској дисертацији.

Имајући у виду горе наведено, Комисија за подношење извештаја предлаже Већу Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да кандидату

Александру Р. Димићу, маг. инж. маш.

одобри израду докторске дисертације под називом:

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

у научној области Машинство, ужа научна област – Опште машинске конструкције, за који је Машински факултет Универзитета у Београду матичан.

Предлажемо да ментор докторске дисертације буде др Милета Ристивојевић, редовни професор на Катедри за Опште машинске конструкције Машинског факултета Универзитета у Београду.

У Београду, 04. март 2021. год.

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 Српске академије наука и уметности

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме: Милета Ристивојевић

Звање: редовни професор

Списак радова објављених у научним часописима са Science Citation Index (SCI) листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

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 43:166
(<https://doi.org/10.1007/s40430-021-02886-w>), IF: 1.755, ISSN: 1678-5878.
2. Dobratić P., **Ristivojević M.**, Rosić B., Mitrović R., Trifković D. (2019) *Mathematical model of energy efficiency in internal spur gears*, Thermal Science, Volume 23, Issue Suppl. 5, pp: 1801-1813
(<https://doi.org/10.2298/TSCI180118074D>), IF: 1.574, ISSN: 0354-9836.
3. **Ristivojević M.**, Lazović T. (2017) *Influence of kinematic parameters and tooth geometry on gear tooth root load capacity*, Proceedings of the Romanian Academy Series A-Mathematics Physics Technalsciences Information Science, vol. 18 (2), pp. 174-181, IF: 1.294, ISSN: 1454-9069.
4. Odanović Z., **Ristivojević M.**, Milošević-Mitić V. (2015) *Investigation into the causes of fracture in railway freight car axle*, Engineering Failure Analysis, vol. 55, pp. 169-181
(<https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.05.011>), IF: 1.289, ISSN: 1350-6307.
5. **Ristivojević M.**, Lazović T., Vencl A. (2013) *Studying the load carrying capacity of spur gear tooth flanks*, Mechanism and Machine Theory, vol. 59, pp. 125-137,
(<https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2012.09.006>), IF: 1.310, ISSN: 0094-114X.

(навести најмање један рад у случају менторства дисертације која се пријављује до 31.12.2008. године, односно најмање три рада у случају менторства дисертације која се пријављује у периоду од 1.01.2009. до 31.12.2009. године, односно најмање пет радова у случају менторства дисертације која се пријављује почев од 1.01.2010. године)

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
