

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
Саше Ж. Васиљевића, мастер инжењера машинства

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-969/14 од 20.12.2023. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу (одлука бр. 01-1/4473-5 од 23.11.2023. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (у даљем тексту Комисија) у научној области Машинско инжењерство, ужој научној области Моторна возила и мотори, кандидата Васиљевић Ж. Саше, маг. инж. маш., под називом:

**"АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА НА ЕМИСИЈУ ЧЕСТИЦА
НАСТАЛИХ ХАБАЊЕМ КОЧНИЦА ВОЗИЛА"**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/1943-27 од 23.06.2022. године и Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу бр. IV-04-518/13 од 12.07.2022. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Опис докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата Васиљевић Ж. Саше под називом „Анализа утицајних фактора на емисију честица насталих хабањем кочница возила“ представља мултидисциплинарно научно-истраживачко дело. Обухваћено је више различитих области: моторна возила, екологија, утицај честица на здравље људи, трибологија, наука о материјалима и статистика. Радом на докторској дисертацији анализиран је проблем који до сада није био детаљно истражен и решаван је у научним областима које су директно повезана са области моторна возила. Досадашња истраживања су се фокусирали на загађење животне средине загађивачима емитованим из извора у којима настају штетне материје сагоревањем горива. Није се обраћала посебна пажња на емисију загађивача који не потичу из процеса сагоревања.

У докторској дисертацији је анализиран проблем загађења окружења честицама које настају као нуспроизвод различитих људских активности и грана привреде. Честице, зависно од величине и састава, имају различити утицај на здравље човека и животну средину, а у овој дисертацији је истраживан утицај честица које емитују саобраћајна средстава на човеково здравље. Поврх тога, анализирано је како карактеристике друмских возила утичу на настанак и емисију честица Један од значајних извора честица, које нису настале сагоревањем горива, је систем за кочење, који их генерише хабањем фриксионих парова. Емитована честице су различитих димензија и могу садржати у себи различите материјале штетне по околину и здравље човека.

Кандидат је, у докторској дисертацији, после идентификације проблема, систематски проучавао разлоге настанка честица, као и начине решавања проблема. Са триболошког аспекта, анализирао је начине и разлоге због којих долази до настанка честица приликом хабања елемената система за кочење. Идентификовао је основне узроке настанка честица, као и потенцијалне утицајне факторе. Утицаји идентификованих фактора на настанак честица различитих величина и ниво концентрације честица су статистички анализирани, да би се одредио ранг њиховог утицаја.

У дисертацији су приказане различите методологије и начини на које је могуће експериментално истраживати и мерити концентрацију насталих честица. Идентификовани су проблеми које је потребно предупредити за успешну реализацију мерења емитованих честица, као и неопходне модификације постојећих уређаја да би се измерила концентрација емитованих честица. Урађена је критичка анализа различитих возних тестова који се користе у истраживањима концентрације емитованих честица. На основу урађене анализе резултата досадашњих истраживања, развијена је експериментална метода и формиран возни тест са карактеристичним параметрима процеса кочења. Претходно објављени резултати истраживања у овој области, који су анализирани, пружили су приказ утицаја различитих фактора на настанак и емисију честица. У дисертацији је указано на системе возила чије би унапређење карактеристика довело до смањења концентрације насталих честица или смањења њиховог негативног утицаја.

У истраживањима која су реализована приликом израде докторске дисертације, развијена је сопствена методологија за лабораторијска мерења концентрације насталих честица. Кандидат је за мерење концентрације честица користио инерцијални кочни динамометар развијен у Лабораторији за моторна возила Факултета инжењерских наука. Карактеристике коришћене опреме за мерење различитих параметара процеса кочења, као и опрема за мерење концентрације насталих честица су приказане у дисертацији. Дефинисани су фактори процеса кочења и испитиван је њихов утицај на концентрацију честица насталих хабањем елемената кочног система. Материјали који се користе за израду елемената фриксионих парова система за кочење су један од значајних фактора који утиче на емисију и састав емитованих честица. Коришћени су различити типови кочних плочица, расположивих на тржишту за примену код кочница путничких возила. Резултати добијени мерењем на динамометарском столу су обрађени применом више статистичких метода. У дисертацији је развијен и приказан и модел предвиђања концентрације насталих честица на основу кочних параметара и карактеристика кочне плочице.

Статистичким анализама експерименталних резултата кандидат је дошао до закључака о утицају кочних фактора на концентрацију насталих честица. Анализирао је: факторе процеса кочења, типове кочних плочица и емисију честица, на основу чега је утврдио ранг утицаја фактора у зависности од кочне плочице. Дошао је до закључака везаних за факторе концентрације честица, па је касније анализирао и почетно постављене хипотезе. У раду је приказан оптималан модел предвиђања концентрације честица применом различитих неуронских мрежа. Према свему приказаном у докторској дисертацији, а посебно у анализи добијених података, донети су одговарајући закључци везани за тему докторске дисертације. На крају дисертације приказани су даљи правци истраживања у овој области.

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

Докторска дисертација кандидата Васиљевић Ж. Саше под називом „Анализа утицајних фактора на емисију честица насталих хабањем кочница возила“ представља оригинално и значајно научно дело у области настанка честица хабањем кочница. Важећи законски прописи везани за емисију честица данас не прописују границе или мере које би регулисале емисију честица које настају хабањем кочница. До сада нису још дефинисане процедуре за испитивање емисије честица насталих хабањем кочница, као ни радни параметри. Испитивања и поступци су у фази развоја и предлога за формирање стандарда. Ова тема је важна, нарочито када се у обзир узме чињеница да се данас све више користе возила са чистим електричним погоном, где не постоји мотор са унутрашњим сагоревањем као доминантан извор честица. Истраживања се усмеравају на елиминацију или смањење емитованих честица које су продукт хабања различитих елемената попут хабања фриксионих парова кочница. Ово је недовољно истражена област којој ће у ауто-индустрији бити посвећена велика пажња.

Значај истраживања у овој области се огледа у постављеним теоријским и практичним основама истраживања утицајних фактора на концентрацију насталих честица. Теоријски су обрађени и приказани фактори који утичу на концентрацију честица различитих величина. Начини на који настају честице и како се ослобађају у атмосферу су идентификовани на теоријској основи. У докторској дисертацији, у односу на сва претходна истраживања, анализиран је већи број фактора, изведено више мерења, праћене различите комбинације фриксионих парова, а подаци су обрађени помоћу више различитих статистичких метода, да би се проверио и потврдио значај изведених закључака. Сви фактори су класификовани у две категорије: фактори које директно контролише возач и фактори на које возач нема директан утицај током вожње и кочења. Друга група фактора произилази из објективних величина и њихових комбинација, при чему су узете у обзир и карактеристике фриксионих парова (материјал, састав и др.). У истраживањима су варирана три различите улазне величине: дефинисана почетна брзина возила, кочни притисак у хидрауличком делу кочне инсталације и оптерећење једне четвртине возила. Применом различитих кочних парова могло се детаљно анализирати како поред појединих фактора процеса кочења који доводи до настанка честица, утичу и материјали и конструктивни облик кочних плочица.

Кандидат је изразом ове докторске дисертације дао следећи допринос:

- Идентификовани су утицајни фактори на концентрацију честица насталих хабањем фриксионих парова кочница;
- Идентификована је разлика у рангу утицаја различитих фактора у односу на тип примењене кочне плочице.
- Утицај различитих фактора је анализиран применом више статистичких метода, како би се верификовали добијени закључци;
- Идентификовано је да на концентрацију честица утичу примењене кочне плочице које се међусобно разликују према: саставу фриксионог материјала и геометријским карактеристикама, односно облику фриксионе површине;
- Анализиран је и утврђен утицај сваког фактора кочења појединачно на концентрацију честица PM_{10} и $PM_{2.5}$;
- Анализиран је и утврђен утицај сваког фактора кочења на однос између концентрација честица PM_{10} и $PM_{2.5}$, али и на обе концентрације појединачно;
- Развијена је методологија испитивања концентрације честица применом инерцијалног кочног динамометра и формиран је сопствени тест за анализу утицаја фактора на концентрацију честица PM_{10} и $PM_{2.5}$;
- Формирана је теоријска и практична основа за даља истраживања;
- Развијен је модел предвиђања концентрације честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ чији је извор систем за кочење на моторном возилу применом више улазних фактора кочења и карактеристика кочне плочице;
- Предложене су мере за смањење концентрација насталих ослобођених честица PM_{10} и $PM_{2.5}$, као и мере за смањење њиховог негативног утицаја.

На основу свега претходно изложеног, Комисија сматра да су резултати, закључци и само истраживање од великог значаја за будући рад и истраживања у овој актуелној области. Значај дисертације се састоји у идентификацији фактора који имају утицаја на концентрацију честица чији је извор систем за кочење. Овим истраживањем отвара се простор за будућа истраживања у области моторних возила где би се могли развити материјали и технологије израде фриксионих материјала како би се смањила концентрација честица, као и у области саобраћаја где би се могло регулацијом саобраћаја на раскрсницама или обуком возача смањити број кочења, па би дошло и до смањења ослобођене концентрације честица у урбаним подручјима и тиме ублажио утицај честица на здравље човека.

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

Докторска дисертација кандидата Саше Ж. Васиљевића, маг. инж. маш. под називом „Анализа утицајних фактора на емисију честица насталих хабањем кочница возила“ представља резултат самосталног научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области. На основу спроведених теоријских и експерименталних истраживања и добијених резултата, може се закључити да дисертација представља оригинални научни рад. Докторска дисертација је прошла обавезну проверу на плагијаризам, која потврђује да је реч о оригиналном научном раду, где је идентификовано укупно 6% идентичног текста. Процент подударања од 1% је последица поклапања са подацима из пријаве докторске дисертације, а преосталих 5% подударања је последица поклапања са научним публикацијама, на којима је кандидат први аутор и које представљају резултат израде ове докторске дисертације.

Кандидат је критички анализирао и вредновао доступна истраживања из разматране области на основу којих је направио свој експериментални тест, односно на основу којих је изабрао утицајне радне факторе кочења. Кандидат је анализирао досадашња истраживања и уочио недостатке, као и оно што до сада није истражено и приказано. На основу тога приступио је детаљној анализи и експерименталном истраживању да би извршио мерења и дошао до конкретних закључака о утицају различитих фактора на концентрацију честица PM_{10} и $PM_{2.5}$. Експериментални део истраживања у докторској дисертацији извршен је у лабораторијским условима, где је спроведен низ мерења концентрације честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ које настају у процесу кочења.

У односу на ранија истраживања, у овом научном делу детаљно су анализирани утицајни фактори на настанак честица од хабања кочница. Идентификација и оцена утицаја појединих фактора је остварена применом више метода, а у односу на досадашња истраживања, где није било такве анализе, истражено је да ли кочни фактори утичу увек идентично или се њихов утицај мења при промени кочних плочица. У досадашњим истраживањима није био детаљно истражен утицај фактора кочења применом различитих статистичких метода, да би се резултати верификовали, док је у дисертацији то потврђено. У досадашњим истраживањима аутори се нису фокусирали на предлог мера којима би се смањила концентрација честица, док је у дисертацији кандидат то учинио обухватајући више научних области, пре свега, машинство и друмски саобраћај. О оригиналности научног рада и закључака до којих се дошло приликом израде докторске дисертације говоре референце кандидата у области теме докторске дисертације које су потврђене и објављене у међународним часописима.

4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

4.1. Биографија кандидата

Саша Ж. Васиљевић, рођен је 10.03.1993. године у Јагодини. Основну школу „Стеван Синђелић“ у Великом Поповићу завршио је 2008. године. Средњу Техничку школу у Ћуприји завршио је 2012. године, где је проглашен за ђака генерације. Основне струковне студије уписао је на Високој техничкој школи струковних студија у Крагујевцу на студијском програму Друмски саобраћај. Завршио је 2015. године са просечном оценом 8,38 (осам и 38/100) и проглашен за најбољег студента студија на студијском програму Друмски саобраћај генерације 2012/2013. Завршивши основне струковне студије стекао је звање Струковни инжењер саобраћаја, одбравивши завршни рад под називом „Документација и исправе у превозу опасног терета“ са оценом 10 (десет). Основне академске студије уписао је 2015. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на студијском програму Машинско инжењерство модул Друмски саобраћај. Завршио је 2016. године просечном оценом 8,43 (осам и 43/100). Након положених испита разлике у односу на претходно завршене студије и одбране завршног рада под називом „Мере активне безбедности на возилима за превоз опасних материја“, оценом 10, стекао је академско звање Инжењер машинства.

Специјалистичке струковне студије уписао је 2015. године на Високој техничкој школи струковних студија у Крагујевцу, студијски програм Управљање друмским саобраћајем. Студије је завршио 2016. године просечном оценом 9,00 (девет и 00/100), где је одбранио специјалистички рад из предмета Управљање безбедношћу саобраћај

под називом „Управљање безбедношћу саобраћаја приликом транспорта опасног терета са посебним освртом на град Крагујевац“. Завршетком специјалистичких студија стекао је звање Специјалиста струковни инжењер саобраћаја.

Мастер академске студије уписао је 2016. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на студијском програму Машинско инжењерство, модул Друмски саобраћај. Мастер академске студије завршио је 2018. године са просечном оценом 9,00 (девет и 00/100) одбранивши матер рад „Идејни пројекат картинг возила“, из предмета Пројектовање моторних возила, са оценом 10 (десет), стекао је академско звање Мастер инжењер машинства.

Докторске академске студије уписао је 2018. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на студијском програму Машинско инжењерство. Испите предвиђене студијским програмом положио је просечном оценом 9,67 (девет и 67/100). Године 2022. пријавио је тему докторске дисертације.

Од 01.11.2016 запослен је на Високој техничкој школи струковних студија Крагујевац, која је сада Академија струковних студија Шумадија, одсек Крагујевац, за ужу научну област Машинско инжењерство, као сарадник у настави. Од 01.11.2018. године изабран је у звање асистента на Академији струковних студија Шумадија, одсек Крагујевац, где и данас запослен. Вежбе је држао из предмета који су везани за моторна возила и машинство: Мотори, Мотори СУС, Моторна возила, Опрема мотора и возила, Погонски материјали, Безбедност возила, Савремени системи на моторним возилима, Динамика возила, Мерење и стандардизација, и Управљање квалитетом.

4.2. Референце кандидата

Као аутор и коаутор, кандидат је објавио 73 научно-стручна рада у домаћим и међународним часописима и конференцијама. Међу објављеним радовима, истичу се 4 рада у часописима са SCI листе, који су резултат рада на докторској дисертацији.

Рад у истакнутом међународном часопису [M22]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Lukić Jovanka, Miloradović Danijela, Stanojević Milan, Đorđević Milan: Analysis of Parameters Influencing the Formation of Particles during the Braking Process: Experimental Approach, *Atmosphere*, ISSN 2073-4433, vol. 14 no. 11, pp. 1618, DOI: 10.3390/atmos14111618, 2023.

Рад у међународном часопису [M23]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: The analysis of the influential parameters that cause particles formation during the braking process: a review, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, ISSN 1350-6501, vol. 236 no. 1, pp. 31-48, DOI: 10.1177/13506501211004798, 2022.
2. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Application of neural networks in predictions of brake wear particulate matter emission, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, ISSN 0954-4070, vol. 236 no. 7, pp. 1579-1594, DOI: 10.1177/09544070211036321, 2022.
3. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Vencl Aleksandar: Review of the coatings used for brake discs regarding their wear resistance and environmental effect,

Саопштења са међународног скупа штампано у целини [МЗЗ]

1. **Vasiljević Saša**, Rajković Dragan, Đorđević Milosav, ECOLOGICAL ASPECTS OF VEHICLES IN ROAD TRANSPORT, Proceedings of 2nd International conference on Quality of Life, Kragujevac, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Center for Quality, 2017, 8th-10th June, pp. 201- 207, ISBN 978-86-6335-043-4.
2. Glišović Jasna, Pešić Radivoje, **Vasiljević Saša**, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, ROAD VEHICLE AS A SOURCE OF NON-EXHAUST PARTICULATE MATTER, Proceedings of 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2019, Banja Luka, Republic of Srpska, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, 2019, 24th – 25th May, pp. 585-590, ISBN 978-99938-39-85-9
3. Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, Dorić Jovan, AIRBORNE WEAR PARTICLES FROM AUTOMOTIVE BRAKES AND TYRES FOR PERIOD 2001-2017 IN REPUBLIC SERBIA, Proceedings of IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2019 (IIZS 2019), Zrenjanin, Serbia, University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", 2019, 3rd-4th October, pp. 310-316, ISBN 978-86-7672-324-9
4. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, REVIEW OF EUROPEAN PROJECTS AIMING AT REDUCTION OF NON-EXHAUST PARTICLES' EMISSION WHOSE SOURCE IS VEHICLE BRAKING SYSTEM, Proceedings of IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2019 (IIZS 2019), Zrenjanin, Serbia, University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", 2019, 3rd-4th October, pp. 496-503, ISBN 978-86-7672-324-9
5. Grujić Ivan, **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, SIMULATION OF VEHICLE'S INERTIA USING A FLYWHEEL MASS TO TEST DISC BRAKE SYSTEM, Proceedings of 6th International Conference "New Technologies, Development and Application III. NT 2020", Sarajevo, Bosnia and Hercegovina, 2020, 25th-27th June, pp. 360-367, In: Karabegović I. (ed) New Technologies, Development and Application III. NT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 128. (2020) Springer, Cham, Print ISBN: 978-3-030-46816-3 DOI: 10.1007/978-3-030-46817-0_41
6. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, COMPOSITION OF BRAKE PADS AND INFLUENCE FACTORS AFFECTING THE WEAR INTENSITY OF THE BRAKE PADS ON VEHICLES, Proceedings of 8th International Congress Motor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Department for Motor Vehicles and Motors, International Journal "Mobility & Vehicle Mechanics", 2020, 8th - 9th October, pp. 117-122, ISBN 978-86-6335-074-8
7. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Wahlström Jens, ON THE IMPACT OF AIRBORNE BRAKE WEAR EMISSIONS ON ENVIRONMENTAL SAFETY, Proceedings of 8th International Congress Motor Vehicles & Motors 2020, Kragujevac, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Department for Motor Vehicles and Motors, International Journal "Mobility & Vehicle Mechanics", 2020, 8th - 9th October, pp. 275-280, ISBN 978-86-6335-074-8

8. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, MECHANISM OF PARTICLES RELEASED INTO THE ENVIRONMENT THAT IS FORMED BY BRAKE WEAR ON FRICTION SURFACES, Proceedings of EuroBrake 2021, Paper Code EB2021-EBS-010, Online Conference, FISITA, 2021, 17th-21th May, pp. 1-4
9. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, AN OVERVIEW OF NON-EXHAUST BRAKE EMISSION MEASURING METHODS, Proceedings of 15th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2021, Banja Luka, Republic of Srpska, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, 2021, 28th-29th May, pp. 339-348, ISBN 978-99938-39-92-7
10. Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, Miloradović Nenad, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, NON-EXHAUST PM EMISSIONS FROM HEAVY-DUTY VEHICLES, Proceedings of X International Conference "Heavy Machinery-HM 2021", Vrnjačka Banja, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering Kraljevo, 23th-25th June, 2021, pp. 29-35, ISBN 978-86-81412-09-1
11. **Vasiljević Saša**, Aleksandrović Branislav, Glišović Jasna, Maslač Marko, REGENERATIVE BRAKING ON ELECTRIC VEHICLES: WORKING PRINCIPLES AND BENEFITS OF APPLICATION, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 9th International Congress Motor Vehicles & Motors 2022, Serbia, Kragujevac, October 13th-14th, pp. 1-9, ISBN 1757-8981, 2022.
12. **Vasiljević Saša**, Taranović Dragan, Lukić Jovanka, Miloradović Danijela, Glišović Jovanka, DESIGN OF EXPERIMENTAL RESEARCH ON INFLUENCING FACTORS ON THE PARTICLE EMISSION CAUSED BY BRAKE WEAR, Proceedings of 16th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2023, Banja Luka, Republic of Srpska, 2023, 1st-2nd. June, pp. 368-375, ISBN 978-99938-39-92-7

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу [M34]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, TECHNOLOGIES OF COATING THE BRAKE DISC'S FRICTION SURFACE IN ORDER TO REDUCE WEAR INTENSITY AND PARTICULATE FORMATION, Proceedings of 10th International Conference on Tribology BALKANTRIB '20, Belgrade, Serbia, Serbian Tribology Society, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, 2021, 20th – 22th May, pp. 123-124, ISBN: 978-86-6060-072-3

Рад у врхунском часопису националног значаја [M51]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Lukić Jovanka, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Analiza radnih parametara kočenja pri ispitivanju habanja kočnica i nastanka čestica na inercijalnom kočnom dinamometru, *Tehnika-Mašinstvo*, ISSN 0040-2176, vol.72, no.2, pp. 195-202, DOI: 10.5937/tehnika2202195V, 2022.

Рад у часопису националног значаја [M52]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Systems and technologies for reducing the particle emission whose source is wear of the vehicle brakes, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol.24, no.1/2, pp. 82-89, 2019.
2. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Brake wear mechanism and particulate formation, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol.25, no. 1/2, pp. 80-89, 2020.

3. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Analysis of influencing factors on brake wear and non-exhaust emission with reference to applied materials in brake pads, *Mobility & Vehicle Mechanics*, ISSN 1450-5304, vol. 47, no. 2, pp. 45-59, DOI: 10.24874/mvm.2021.47.02.0X, 2021.

Рад у научном часопису [M53]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Design of chamber for collection and measurement of particles formed by brake wear on an inertial brake dynamometer, *Traktori i pogonske mašine*, vol. 26, no. 1/2, pp. 36-42, ISSN 0354-9496, 2021.
2. **Vasiljević Saša**, Lukić Jovanka, Miloradović Danijela, Glišović Jasna: Driving cycles for studying brake wear particle emissions on an inertial brake dynamometer, *Tribology and Materials*, vol. 2, no. 1, pp. 8-19, ISSN 2812-9717, DOI: 10.46793/tribomat.2023.006, 2023.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини [M63]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, SISTEM ZA KOČENJE KAO IZVOR ČESTICA NA VOZILU, Put i životna sredina, Vrnjačka Banja, Srbija, Srpsko društvo za puteve „Via Vita“, 2019, 23.-25. oktobar, str. 181-192, ISBN 978-86-88541-12-1

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

Докторска дисертација кандидата Васиљевић Ж. Саше под насловом „Анализа утицајних фактора на емисију честица насталих хабањем кочница возила“ по садржају и обиму одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу бр. 01-1/1943-27 од 23.06.2022. године и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу бр. IV-04-518/13 од 12.07.2022. године. Квалитет, обим, приказано истраживање, као и резултати истраживања и садржај докторске дисертације задовољавају све научне, стручне и законске норме за израду докторске дисертације. Урађена истраживања, резултати и закључци који су приказани у докторској дисертацији одговарају наслову докторске дисертације, а све заједно одговара пријављеној теми докторске дисертације.

Докторска дисертација написана је на 206 страница, при том садржи 154 слика и 60 табела, цитирано је укупно 406 библиографских података. Докторска дисертација је изложена у осам поглавља, којима претходи резиме на српском и енглеском језику, идентификациона табела, страница посвете докторске дисертације, страница захвалнице и садржај. На крају докторске дисертације, после литературе, написана је биографија кандидата и изјаве. Претходно наведена поглавља у докторској дисертацији су:

1. Уводна разматрања;
2. Емисија честица које нису резултат сагоревања у мотору, већ хабања у контактном пару кочне плочице-диск;
3. Преглед претходних истраживања;
4. Методологија истраживања;
5. Статистичка обрада и анализа добијених резултата;
6. Мере за смањење емисије честица и отклањања њихове штетности;

7. Закључак;
8. Литература.

У првом поглављу су приказана уводна разматрања која су везана за предмет докторске дисертације. Анализиран је проблем настанка честица и загађења животне средине, али исто тако су анализирани фрикциони парови система за кочење са аспекта материјала и конструкције. Приказани су основни елементи система за кочење, указано је на радне параметре система и параметре процеса кочења. Такође, у уводном делу су наведене хипотезе докторске дисертације, очекивани допринос, предмет и циљ рада.

У другом поглављу је објашњен појам честица које потичу из различитих извора, значење ознака којима се обележавају честице, као и њихова величина. Описан је утицај честица на човека и животну средину. Анализирано је учешће појединих извора честица у укупној концентрацији насталих честица различитих величина. Саобраћај, односно возила, су идентификовани као један од извора загађења. На возилу постоје две различите врсте извора који емитују честице: извори који емитују честице сагоревањем и извори који емитују честице хабањем парова који су у међусобном контакту. Један од таквих извора, као што је у докторској дисертацији и приказано, јесу и кочнице које емитују честице хабањем фрикционих парова. Приказан је и анализиран начин на који настају честице хабањем фрикционих парова кочница. Детаљно је објашњен процес настанка и ослобађања честица. Извршен је приказ и неких од материјала који имају примену у саставу фрикционих парова, као и алтернативних материјала, указујући на значај штетних материјала који се могу наћи у честицама које настају при хабању. Теоријски су обрађени и приказани фактори који могу утицати на настанак честица тј. на концентрацију честица.

У трећем поглављу извршен је детаљан преглед литературе у области докторске дисертације. Урађен је преглед методологија које су примењене у истраживањима настанка честица хабањем кочница. Такође, са циљем развоја сопствене методологије и теста који би се применио у наредном поглављу, извршен је преглед примењених кочних фактора и возних циклуса, где је анализиран опсег вредности фактора кочења. Анализа досадашњих истраживања и закључака до којих се дошло у њима, а која су везана за утицај појединих фактора на концентрацију насталих честица је била полаз за даља истраживања. У овој области је реализовано неколико истраживачких пројекта који су имали за циљ развој нових материјала и технологија производње кочних плочица како би се смањила концентрација насталих честица и они су такође приказани у овом поглављу.

У четвртном поглављу је детаљно објашњена сопствена методологија истраживања развијена у докторској дисертацији. Инерцијални кочни динамометар који је коришћен за мерење концентрације насталих честица приликом кочења је детаљно описан. Такође, приказане су модификације које су извршене на инерцијалном кочном динамометру како би се мериле само концентрације честица које настају при кочењу. Приказана је и коришћена мерна опрема, као и кочне плочице и диск који су примењени у експерименталним истраживањима. Коришћено је више различитих статистичких метода за анализу утицајних фактора на концентрацију честица и оне су детаљно објашњене. У докторској дисертацији је развијен модел предвиђања концентрација

насталих честица применом неуронских мрежа. Методологија, као и фактори на основу којих се врши предвиђање емисије честица су детаљно описани.

У петом поглављу приказани су добијени резултати експерименталног мерења. У овом поглављу је извршена статистичка анализа добијених података, као и анализа утицаја појединих фактора на концентрацију честица. Упоредо са добијеним статистичким подацима извршена је анализа и објашњење ових података и дати су закључци о утицају појединих фактора на емисију честица. Како је примењено више различитих статистичких анализа, добијени закључци сваке анализе су упоређивани са подацима о утицају фактора кочења и материјала на емитовану концентрацију честица. Током развоја модела за предвиђања концентрације честица, анализирано је више могућих концепта модела. Приказани су резултати који су добијени коришћењем различитих модела и архитектура неуронских мрежа. На крају је приказана неуронска мрежа која даје најбоље резултате предвиђања.

У шестом поглављу приказане су различите мере и нови системи који би се могли у будућности применити да би се смањила концентрација ослобођених честица, али и да би се смањио утицај честица на животну средину и здравље човека. Предложене мере се односе на регулисање и планирање саобраћаја, посебно у урбаним областима и на раскрсницама, као местима интензивног кочења, али и примену материјала који би смањили негативан утицај честица. Данас су различите компаније развиле системе и филтере који смањују концентрацију ослобођених честица и ови системи су приказани у овом поглављу.

У седмом поглављу је дат целокупни закључак докторске дисертације. У закључним разматрањима кандидат је изложио доприносе који су проистекли у истраживањима током израде докторске дисертације. Урађена је анализа постављених хипотеза и истакнути даљи правци истраживања.

У осмом поглављу дат је попис референци коришћених у докторској дисертацији, наведених по редоследу појављивања.

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

6. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат је у својој докторској дисертацији систематски испитао проблем загађења честицама чији је извор систем за кочење. Детаљно је анализирао велики број референци и истраживања које су везане за тему докторске дисертације, а у циљу постављања оквира за сопствена истраживања. На тај начин, истраживањем проблема настанка честица које настају хабањем и њиховог утицаја на човека и окружење, поставио је теоријске основе за разумевање и даље истраживање везано за настанак честица чији је извор систем за кочење.

Применом експерименталних мерења и детаљном статистичком анализом добијених података кандидат је закључио који су утицајни фактори на концентрацију насталих честица које су производ хабања кочница. Дошао је до закључка да ли и како промена одређених фактора процеса кочења има утицаја на концентрацију ослобођених честица.

Исто тако, utvrdio je kako pojedini faktori utiču u zavisnosti od tipa i oblika kочne pločice i da li faktori kочeња identично deluju kod svih istraživanih pločica. Na ovaj начин, formirana je značajna baza za daља istraživanja i razvoj različitih modela predviђanja koncentracije emitovanih čestica. Primenom zaključaka o uticaju različitih faktora, postavljene su dobre praktične osnove za daља istraživanja, imajuћи u vidu da su problemi čestica koje nastaju хабањем kочница postali veoma актуелна област u аутомобилској индустрији. Кандидат је на основу закључака изведених u експерименталном делу докторске дисертације дао практичне предлоге за смањење емисије честица и њиховог штетног утицаја. Указао је на појаве до којих је могуће доћи, као што је појава да се мења однос између концентрација честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ при промени одређених фактора u процесу кочења. Неке од главних закључака докторске дисертације кандидат је публикувао u међународним часописима, као и на међународним скуповима.

7. Примењивост резултата u теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Васиљевић Ж. Саше примењиви су како u теорији, тако и u пракси. Идентификација фактора који утичу на концентрацију честица при хабању кочних pločica је од значаја u овој области, па се могу применити и даље истражити приликом развоја нових кочних pločica. Имајући u виду чињеницу да се данас све више развијају системи на возилу који могу скупљати честице, резултати би се могли применити u развоју, унапређењу таквих система и програмирању њиховог рада. Приликом развоја саобраћајница, регулisaња саобраћаја, резултати би се могли применити за планирање одвијања саобраћаја, посебно u урбаним подручјима. Како је као утицајни фактор идентификовано и оптерећење, код тешких теретних возила би се могло регулисати њихово кретање по урбаним срединама уз минималан број кочења. Имајући u виду нова сазнања u области утицајних фактора на концентрацију насталих честица које настају хабање кочница могу се унапредити кочни системи хибридниh и електричних возила код којих је ова емисија доминантна.

8. Начин презентовања резултата научној јавности

Део научних резултата који су добијени експерименталним мерењима и статистичком анализом, а који су приказани u докторској дисертацији кандидата, су већ верификовани и објављени u различитим домаћим и међународним часописима, као и на научно-стручним скуповима. Поред значајних резултата експерименталних истраживања, такође су објављени и радови који омогућавају дубље разумевање механизма настанка честица приликом хабања кочница. Тако да су u стручно-научним радовима објављени и теоријски резултати истраживања настанка честица, а који широј научној заједници омогућавају разумевање разлога настанка проблема који је предмет докторске дисертације. Радови који су објављени, а који су резултат експерименталног и теоријског истраживања u докторској дисертацији су:

Рад u истакнутом међународном часопису [M22]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Lukić Jovanka. Miloradović Danijela, Stanojević Milan, Đorđević Milan: Analysis of Parameters Influencing the Formation of Particles

during the Braking Process: Experimental Approach, *Atmosphere*, ISSN 2073-4433, vol. 14 no. 11, pp. 1618, DOI: 10.3390/atmos14111618, 2023.

Рад у међународном часопису [M23]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: The analysis of the influential parameters that cause particles formation during the braking process: a review, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, ISSN 1350-6501, vol. 236 no. 1, pp. 31-48, DOI: 10.1177/13506501211004798, 2022.
2. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Application of neural networks in predictions of brake wear particulate matter emission, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, ISSN 0954-4070, vol. 236 no. 7, pp. 1579-1594, DOI: 10.1177/09544070211036321, 2022.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини [M33]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, REVIEW OF EUROPEAN PROJECTS AIMING AT REDUCTION OF NON-EXHAUST PARTICLES' EMISSION WHOSE SOURCE IS VEHICLE BRAKING SYSTEM, Proceedings of IX International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection 2019 (IIZS 2019), Zrenjanin, Serbia, University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", 2019, 3rd-4th October, pp. 496-503, ISBN 978-86-7672-324-9
2. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, AN OVERVIEW OF NON-EXHAUST BRAKE EMISSION MEASURING METHODS, Proceedings of 15th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2021, Banja Luka, Republic of Srpska, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, 2021, 28th-29th May, pp. 339-348, ISBN 978-99938-39-92-7
3. **Vasiljević Saša**, Taranović Dragan, Lukić Jovanka, Miloradović Danijela, Glišović Jovanka, DESIGN OF EXPERIMENTAL RESEARCH ON INFLUENCING FACTORS ON THE PARTICLE EMISSION CAUSED BY BRAKE WEAR, Proceedings of 16th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2023, Banja Luka, Republic of Srpska, 2023, 1st-2nd. June, pp. 368-375, ISBN 978-99938-39-92-7

Рад у врхунском часопису националног значаја [M51]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Lukić Jovanka, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Analiza radnih parametara kočenja pri ispitivanju habanja kočnica i nastanka čestica na inercijalnom kočnom dinamometru, *Tehnika-Mašinstvo*, ISSN 0040-2176, vol.72, no.2, pp. 195-202, DOI: 10.5937/tehnika2202195V, 2022.

Рад у часопису националног начаја [M52]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Systems and technologies for reducing the particle emission whose source is wear of the vehicle brakes, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol.24, no.1/2, pp. 82-89, 2019.
2. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Brake wear mechanism and particulate formation, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol.25, no. 1/2, pp. 80-89, 2020.

3. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Analysis of influencing factors on brake wear and non-exhaust emission with reference to applied materials in brake pads, *Mobility & Vehicle Mechanics*, ISSN 1450-5304, vol. 47, no. 2, pp. 45-59, DOI: 10.24874/mvm.2021.47.02.0X, 2021.

Рад у научном часопису [M53]

1. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Design of chamber for collection and measurement of particles formed by brake wear on an inertial brake dynamometer, *Traktori i pogonske mašine*, vol. 26, no. 1/2, pp. 36-42, ISSN 0354-9496, 2021.
2. **Vasiljević Saša**, Lukić Jovanka, Miloradović Danijela, Glišović Jasna: Driving cycles for studying brake wear particle emissions on an inertial brake dynamometer, *Tribology and Materials*, vol. 2, no. 1, pp. 8-19, ISSN 2812-9717, DOI: 10.46793/tribomat.2023.006, 2023.

На основу свега приказаног и анализираног у докторској дисертацији, Комисија сматра да истраживања и резултати који за сада нису објављени представљају материјал који је користан за даље објављивање у националним и међународним часописима, као и на различитим националним и међународним научно-стручним скуповима.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата Саше Ж. Васиљевића, мастер инжењера машинства, под насловом „**Анализа утицајних фактора на емисију честица насталих хабањем кочница возила**“ под менторством проф. др Јасне Глишовић, одговара теми прихваћеној од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Кандидат је критички анализирао и вредновао доступна истраживања из области теме докторске дисертације како би развио и остварио своје експериментално истраживање и анализирао добијене податке. Кандидат је у докторској дисертацији користио стручну терминологију, док је структура и примењена методологија у складу са универзитетским нормама. По квалитету, обиму и приказаним резултатима докторска дисертација у потпуности задовољава све законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

Кандидат је показао да на стручан и систематски прецизан начин влада материјом у области теме докторске дисертације, што се огледа у детаљном приступу проблему. Показао је способност владања: научно-истраживачким радом, систематским приступом и коришћењем литературе која је у области теме докторске дисертације. Користећи своје професионално образовање и искуство, показао је да проблему приступио свеобухватно у циљу добијања конкретних, применљивих резултата и закључака истраживања.

С обзиром на актуелност проблема и остварене резултате, чланови Комисије сматрају да кандидат Саше Ж. Васиљевића, маст. инж. маш. и поднета докторска дисертација испуњавају све услове, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

На основу свега наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Саше Ж. Васиљевића, мастер инжењера машинства, предлаже Наставно-научном Већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко - технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да докторску дисертацију кандидата под називом:

**" АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА НА ЕМИСИЈУ ЧЕСТИЦА
НАСТАЛИХ ХАБАЊЕМ КОЧНИЦА ВОЗИЛА "**

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

У Крагујевцу и Новом Саду, 01.03.2024. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. Јованка Лукић

Др **Јованка Лукић**, редовни професор - председник Комисије, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Уже научне области: Моторна возила, Друмски саобраћај

2. Данијела Милорадовић

Др **Данијела Милорадовић**, редовни професор - члан, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Ужа научна област: Моторна возила и мотори,

3. Блажа Стојановић

Др **Блажа Стојановић**, редовни професор - члан, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Ужа научна област: Машинске конструкције и механизација,

4. Иван Грујић

Др **Иван Грујић**, доцент - члан, Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, Ужа научна област: Моторна возила и мотори,

5. Јован Дорић

Др **Јован Дорић**, редовни професор - члан, Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Ужа научна област: Моторна возила и мотори СУС