

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА
У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 24.03.2022. године (број одлуке: 01-1/898-9) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 13.04.2022. године (број одлуке: IV-04-275/12) смо одређени као чланови Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације: „Емисија честица од кочница возила: анализа утицајних фактора“ у научној области Машинско инжењерство кандидата **Васиљевић Саше маг. инж. маш.** На основу података којима располажемо достављамо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

Негативни утицај моторних возила на животну средину последњих година је све мањи, имајући у виду да је емисија издувних гасова законски прописана тј. ограничена, али и због примене савремених система и технологија за смањење емисије издувних гасова. Примена возила на хибридни погон, као и на електро погон ће у будућности у великој мери редуковати или потпуно елиминисати емисију издувних гасова. Имајући у виду претходно речено, као значајни извори загађења честицама идентификовани су системи на возилу који ослобађају честице хабањем током рада (енгл. *non-exhaust emission*), односно чији извор није сагоревање горива у мотору са унутрашњим сагоревањем, и данас се у истраживањима све већа пажња посвећује баш овим изворима.

Један од тих извора јесу и кочнице, код којих приликом хабања фрикционих парова настају честице које се ослобађају у животну средину. Данас су у примени диск и добош кочнице које се разликују према својој конструкцији. Диск кочнице се данас све више користе због бољих радних карактеристика у процесу кочења, а пре свега због стабилног коефицијента трења у широком радном подручју. Међутим, када је у питању загађење животне средине настало хабањем фрикционих парова кочнице, диск кочнице емитују више честица у ваздух него добош кочнице. Диск кочнице су отворене конструкције, а код добош кочница честице се задржавају унутар добоша. Истраживање емисије честица које настају у процесу кочења возила, у овој докторској дисертацији, биће усмерено на диск кочнице.

Фрикциони парови кочница се израђују од различитих материјала. Кочни дискови могу бити израђени од ливеног гвожђа, челика, угљенично-керамичких композитних материјала и др. Кочне плочице, односно фрикционе облоге су састављене од мешавине различитих материјала. Приликом хабања елемената фрикционих парова, материјали од

којих су парови сачињени, ослобађају се у виду честица у ваздух и животну средину.

На настанак честица приликом хабања фриксионих парова кочница могу утицати различити фактори попут радних параметара кочења (вертикално оптерећење точка возила, почетна брзина у процесу кочења, притисак у кочном систему, температура радне површине итд.), али и конструктивни облик диска и плочица, стање контактних површина и примењени материјали фриксионих парова. Идентификација и ефекти деловања утицајних фактора на формирање и садржај емисије честица у процесу кочења до сада нису довољно истраживана. Данас у Европи не постоји стандардизована методологија за истраживање у овој области. Имајући претходно у виду, кандидат ће развити сопствене тестове на инерцијалном кочном динамометру у лабораторији које ће базирати на другим врстама тестова за испитивање карактеристика система за кочење, а који се примењују у аутомобилској индустрији, и идентификовати утицајне параметре кочења на посматрану појаву.

Предложена тема је данас актуелна имајући у виду да ће у будућности применом електричних возила емисија честица које настају радом мотора бити елиминисана, док ће емисија честица које настају хабањем постати све значајнија. Развој методологије коју је кандидат предложио и анализа различитих фактора који могу утицати на емисију честица, могу да имају утицај на даља истраживања у области смањење емисије честица које настају приликом хабања фриксионих парова диск кочница.

Очекивани допринос и резултати докторске дисертације су:

- Идентификација утицаја различитих параметара процеса кочења на насталу емисију честица,
- Идентификација утицаја различитих конструктивних облика кочних плочица и примењених материјала на насталу емисију честица,
- Идентификација утицаја различитих кочних параметара на концентрацију емитованих честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ понаособ,
- Развој методе за мерење емисије честица настале хабањем диск кочница на инерцијалном кочном динамометру, као једне од лабораторијских метода која је најприближнија мерењима у путним условима,
- Формирање значајне основе за: даља истраживања у области заштите животне средине од утицаја саобраћаја и увођење законских мера за смањење емисије честица и њихове штетности.

На основу наведених чињеница приложени предлог теме докторске дисертације садржи све битне елементе за израду докторске дисертације. Предложена тема може имати значајан допринос за будућа истраживања и развој у области система за кочење и технологија за смањење емисије честица које настају хабањем кочница.

Веза са досадашњим истраживањима

Увидом у објављене радове на различитим научно-стручним скуповима, иностраним и домаћим часописима, може се закључити да је кандидат у току досадашњих студија

објавио више радова који су везани за предложену тему докторске дисертације. Увидом у објављене радове кандидата може се закључити да је током докторских академских студија континуално истраживао област која се директно везује за предложену тему докторске дисертације.

Кандидат је такође приступио и анализи објављених радова у међународним часописима, књигама и различитим научно-стручним скуповима, а који се односе на предложену тему докторске дисертације. Докторска дисертација и будућа истраживања кандидата ослањала би се на следећу литературу:

Shaddick и др. (2020) су у свом истраживању показали да половина светског становништва живи у срединама са загађеним ваздухом, али и да у неким деловима планете долази до даљег повећања загађености ваздуха. Загађеност ваздуха честицама зависи од региона који се посматра. У неким регионима планете долази до смањења загађења ваздуха, док у неким деловима долази до повећања емисије честицама. Тренд пораста или пада загађења ваздуха честицама зависи од активности становништва, али и законских норми којима су прописане дозвољене концентрације честица¹.

У истраживању (Anderson и др. 2012) честице се класификују према својој величине на: грубе честице пречника од 10 μm до 2,5 μm (PM_{10}), fine честице пречника од 2,5 μm до 0,1 μm ($\text{PM}_{2.5}$) и веома fine чији је пречник мањи од 0,1 μm ($\text{PM}_{0.1}$). На основу истраживања Anderson и др., (2012) и Schraufnagel, (2020) може се закључити да су честице мањег пречника штетније по човеково здравље од честица са већим пречником, из разлога што честице мањег пречника могу доспети дубље у организам. На основу прегледа утицаја које честице имају на здравље човека може се закључити да честице негативно утичу на кардиоваскуларни, респираторни, нервни и цереброваскуларни систем. Ако се посматрају последице утицаја честица на различите органе човека може се увидети да долази до различитих здравствених проблема, као што су: срчани удар, мождани удар, астма, канцер, па и смрт^{2,3}.

Karagulian, и др., (2015) су у свом истраживању анализирали изворе честица PM_{10} и $\text{PM}_{2.5}$ у различитим деловима света, и то у урбаним регијама. Анализирани су различити извори ове две величине честица као што су: саобраћај, индустрија, домаћинства, природни извори честица, као и друге људске активности. Прегледом приказаних резултата може се закључити да се разликују процентуалне вредности учешћа извора честица у укупном уделу честица PM_{10} и $\text{PM}_{2.5}$. Процентуално учешће различитих извора у зависности од величине честица се разликује у зависности од региона у коме се посматра. Један од

¹ Shaddick, G., Thomas, M. L., Mudu, P., Ruggeri, G., & Gummy, S. (2020). Half the world's population are exposed to increasing air pollution. *npj Climate and Atmospheric Science*, 3:23. doi:10.1038/s41612-020-0124-2

² Anderson, J. O., Thundiyil, J. G., & Stolbach, A. (2012). Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology*, 8: 166–175. doi:10.1007/s13181-011-0203-1

³ Schraufnagel, D. E. (2020). The health effects of ultrafine particles. *Experimental & Molecular Medicine*, 52:311-317. doi:10.1038/s12276-020-0403-3

најважнијих закључака је тај да је саобраћај, па самим тим и возило, један од значајних извора честица⁴.

Истраживање (Singh и др., 2019) је приказало да је возило извор честица које могу настати на два начина: сагоревањем у мотору, односно емисијом издувних гасова и хабањем различитих елемената (енгл. *non-exhaust emission*). Извори честица PM₁₀ и PM_{2.5} које не настају сагоревањем у мотору су сви елементи и системи код којих долази до трења и хабања и који на тај начин емитују честице. Такви извори су кочнице (фрикциони парови кочница), спојнице и пнеуматици, али и хабање пута и поновно подизање честица са пута (енгл. *resuspension*)⁵.

Piscitello и др., (2021) су поред тога што су показали да су кочнице, пнеуматици, хабање пута и поновно подизање честица у атмосферу најзначајнији извори честица које се не емитују сагоревањем у мотору, приказали и преглед других радова у овој области и поређење ове две различите емисије. Тако је на основу прегледа, извршено поређење концентрације честица PM₁₀ и PM_{2.5} према њиховом извору и утврђено је да су извори честица PM₁₀ који емитују честице хабањем доминантнији у односу на изворе које емитују честице сагоревањем у мотору. У случају извора честица PM_{2.5}, у зависности од литературе коју је аутор користио у раду, постоје информације да су доминантнији извори честица које настају сагоревањем у мотору, док са друге стране неки подаци показују да су то извори који нису повезани са сагоревањем у мотору⁶.

Како је данас веома актуелна тема примене електричних возила, управо су Timmers и Achten, (2016) истраживали емисију честица код ове врсте возила. Дошли су до закључка да возила на електро погон немају емисију сагоревања у мотору и да, имајући у виду већу масу ових возила, доминантни извори честица PM₁₀ и PM_{2.5} су управо они који не емитују честице сагоревањем. Поред свих осталих извора у овој групи, које емитују честице услед хабања, су и кочнице које се активирају када није довољна сила која се ствара регенеративним кочењем. Тако да и код ових возила ова врста емисије може бити у будућности најизраженија⁷.

Према OECD, (2020), пораст емисије честица које не потичу од сагоревања у мотору се предвиђа у будућности. Прописи који се односе на емисију честица које настају

⁴ Karagulian, F., Belis, C. A., Dora, C. F. C., Prüss-Ustün, A. M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H., & Amann, M. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric Environment*, 120: 475–483. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.08.087

⁵ Singh, V., Biswal, A., Kesarkar, A. P., Mor, S., & Ravindra, K. (2019). High resolution vehicular PM10 emissions over megacity Delhi: Relative contributions of exhaust and non-exhaust sources. *Science of The Total Environment*, 134273. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.134273

⁶ Piscitello, A., Bianco, C., Casasso, A., & Sethi, R. (2021). Non-exhaust traffic emissions: Sources, characterization, and mitigation measures. *Science of The Total Environment*, 766:1-21. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.144440

⁷ Timmers, V. R. J. H., & Achten, P. A. J. (2016). Non-exhaust PM emissions from electric vehicles. *Atmospheric Environment*, 134: 10–17. doi:10.1016/j.atmosenv.2016.03.017

сагоревањем у мотору довели су до тога да је смањена емисија издувних гасова, тако да је данас и у будућем периоду очекиван тренд раста тј. повећање процентуалног учешћа извора који не емитују честице сагоревањем. Извори честица које не настају сагоревањем у мотору су: кочнице, спојнице, пнеуматици и пут. Посебан нагласак је на диск кочницама које стварају честице хабањем фриксионих парова (плочица и диска)⁸.

Истраживање (Denier van der Gon и др., 2018) показује да укупна годишња емисија честица PM₁₀ које настају хабањем фриксионих елемената на возилу, у неким земљама, има све већи удео у укупној емисији честица, а подаци варирају у зависности од анализираних извора. Такође, у овом истраживању је извршено и поређење неких од извора на возилу који не емитују честице сагоревањем (кочнице, пнеуматици и хабање пута) и утврђено је да се емисија честица PM₁₀ и PM_{2.5} разликује за различите земље Европе које су истраживањем обухваћене. Разликује се њихов однос и концентрација од земље до земље. Уочена је значајна годишња емисија честица PM₁₀ које садрже бакар и оне чине највећи удео у оним честицама које настају хабањем кочница⁹.

Директни извори честица које настају хабањем на возилу су пнеуматици и кочнице. У референци (Grigoratos и Martini, 2014) је приказано да су кочнице једна од главних извора честица у урбаним срединама и то посматрано на свим категоријама возила. Када су у питању честице које се ослобађају хабањем кочница утврђено је да је највећа концентрација честица у опсегу величина од 2 µm - 6 µm. Диск кочнице, које су доминанте данас на возилима различитих категорија су отворене конструкције у односу на добош кочнице, па се честице лако могу ослободити у ваздух. Кочне плочице се израђују од различитих материјала, често штетних по људско здравље и околину, па је значајно утврдити, анализом састава честица, да ли плочице имају значајнију улогу у процесу хабања, односно настанка честица¹⁰.

Ослањајући се на претходну референцу, али и на Grigoratos и Martini, (2015) долази се до најрепрезентативнијих података који су то елементи у честицама који се могу пратити и повезати са кочницама за праћене емисије честица које настају хабањем кочница. Тако, елементи који су у саставу кочница, а који се могу повезати се емисијом кочница су: гвожђе (Fe), бакар (Cu), баријум (Ba) и олово (Pb)¹¹.

Wahid, (2018) је такође указао на значај састава фриксионих елемената кочног система

⁸ OECD (2020), Non-exhaust Particulate Emissions from Road Transport: An Ignored Environmental Policy Challenge, OECD Publishing, Paris, doi: 10.1787/4a4dc6ca-en.

⁹ van der Gon, H.D., Hulskotte, J., Jozwicka, M., Kranenburg, R., Kuenen, J., & Visschedijk, A. (2018). Chapter 5- European Emission Inventories and Projections for Road Transport Non-Exhaust Emissions: Analysis of Consistency and Gaps in Emission Inventories From EU Member States, Editor(s): Fulvio Amato, *Non-Exhaust Emissions*, Academic Press, 101–121. doi:10.1016/B978-0-12-811770-5.00005-4

¹⁰ Grigoratos, T. & Martini, G. Non-exhaust traffic related emissions (2014) Brake and tyre wear PM. JRC89231. Luxembourg: Publications Office of the European Union. ISSN 1018-5593 (print). doi:10.2790/21481

¹¹ Grigoratos, T., & Martini, G. (2015). Brake wear particle emissions: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 22: 2491–2504. doi:10.1007/s11356-014-3696-8

имајући у виду да имају утицаја на састав честица које настају приликом хабања фрикционих парова. Показано је такође да се састав честица разликује, посматрано по величини честица, и да су у њиховом саставу доминантнији материјали који су присутни у кочним плочицама. Битан закључак који је значајан и за докторску дисертацију је тај да на величину честица и емисију утичу фактори који карактеришу процес кочења (нпр. температура елемената фрикционих парова при кочењу или температура у контакту између фрикционих парова), па чак и фактори кочења који су директно везани за сам процес кочења¹².

Kukutschová и Filip, (2018) су указали на значај испитивања честица које настају хабањем кочница, али и истакли значај разумевања процеса настанка честица приликом кочења. Истраживања у овој области су битна због емисије честица које настају приликом кочења и величине и састава честица. Имајући у виду да се фрикциони парови састоје од различитих материјала, приликом хабања фрикционих парова ти материјали се у ваздух и животну средину ослобађају у облику честица које се састоје управо од тих материјала. Такође је и наведено да битну улогу у емисији могу имати различити параметри у процесу кочења, што указује на чињеницу значаја испитивања у овој области¹³.

Augsburg, (2011) је у свом истраживању приказао факторе који имају утицаја на хабање фрикционих парова и на настанак честица. Тако су у овом раду, као фактори који утичу на настанак честица, идентификовани: температура у контактної површини између елемената фрикционог пара, параметри животне средине (влажност, ...), конструкција система за кочење (у смислу да ли је могуће да се честице ослободе ван кочног система), састав фрикционих кочних парова, конструктивно извођење кочног елемента, брзина окретања диска и кочна сила (оптерећење и успорење). На основу ових података се може увидети да се неки од фактора поклапају са оним истакнутим у предмету истраживања ове докторске дисертације¹⁴.

Rahimi и др., (2021) су анализирали различите методологије које се могу примењивати у испитивању настанка честица које настају хабањем кочница. Као једна од методологија истраживања је и примена инерцијалног кочног динамометра. У случају методе коришћења трибометра типа „игла на диску“ (енгл. *pin on disc*), проблем који се јавља јесте тај што се не користе реални кочни парови са возила, као и немогућност примене реалних параметара кочења као у стварним условима кочења. Према (OECD, 2020) и (Atzler и др., 2021) проблем у путним испитивањима је тај што је јако тешко одвојити

¹² Wahid, S. M. S. (2018). Automotive brake wear: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25: 174–180. doi:10.1007/s11356-017-0463-7

¹³ Kukutschová, J., & Filip, P. (2018). Chapter 6-Review of Brake Wear Emissions: A Review of Brake Emission Measurement Studies: Identification of Gaps and Future Needs. Editor(s): Fulvio Amato, *Non-Exhaust Emissions*, Academic Press, 123–146. doi:10.1016/b978-0-12-811770-5.00006-6

¹⁴ Augsburg, K., Gramstat, S., Horn, R., and Sachse, H. (2011). Measures Development for Brake Dust Emissions with Computational Fluid Dynamics and Particle Imaging Velocimetry, SAE Technical Paper 2011-01-2345, 2011, doi: 10.4271/2011-01-2345.

честице и мерити само оне које настају хабањем кочница од оних чији су извор пнеуматици, пут или неки други извор. Тако према (Rahimi и др., 2021) и (Grechkin и др., 2021) применом кочног динамометра се може успешно одвојити и мерити само емисија честица које настаје хабањем кочница од осталих честица које настају нпр. хабањем пнеуматика, па се примена инерцијалног кочног динамометра може сматрати најповољнијом методологијом за испитивање настанка честица која може дати најприближније резултате оним у стварним условима кочења. Такође, на овом уређају се користе реални елементи склопа кочнице који се примењују на возилима, а уједно је могуће и у лабораторијским условима контролисати кочне параметре^{8,15,16,17}.

(Almirall и Cabre, 2018) су у свом истраживању упоредили различите возне циклусе који се примењују у аутомобилској индустрији. Како данас нема прописаних возних текстова који су дефинисани за испитивање хабања кочница, ово је добар приказ параметара који се могу варирати на инерцијалном кочном динамометру како би се испитивао настанак честица хабањем. Применом овог истраживања може се доћи до закључка о факторима који су варијани и граничним вредностима фактора, па је тако могуће формирати тест са репрезентативним параметрима који се могу користити и у овом истраживању у докторској дисертацији¹⁸.

Hagino и др., (2015) су реализовали истраживање на инерцијалном кочном динамометру. Варијали су различите параметре возила и кочница и мерили емисију честица насталу кочењем. Дошли су до закључка да су добош кочнице са аспекта насталих и ослобођених честица прихватљивије од диск кочница. Код добош кочница честице се задржавају унутар добоша, што код диск кочница није случај, јер су отворене и честице се емитују у околину. Променом неких од параметара кочења (брзина при кочењу и успорење) долази до промене и концентрације насталих честица. При убрзању возила, такође долази до ослобађања честица које су остале депоноване на диску из претходног циклуса кочења¹⁹.

Значај различитих кочних плочица у емисији честица је приказан у истраживању (Sanders и др., 2003). Коришћењем различитих возила приказано је да кочне плочице имају директан утицај на емисију честица. Постоји потреба за даљим истраживањима да би се утврдила и веза са додатним утицајним параметрима, па самим тим је неопходна и анализа

¹⁵ Rahimi, M., Bortoluzzi, D., & Wahlström, J. (2021). Input Parameters for Airborne Brake Wear Emission Simulations: A Comprehensive Review. *Atmosphere*, 12(7), 871. doi:10.3390/atmos12070871

¹⁶ Atzler, F., Wiedensohler, A., Roß, Kay Weinhold T. & Dobberkau M. (2021). Roller dynamometer particle immission* measurement. *Automotive and Engine Technology*, <https://doi.org/10.1007/s41104-021-00094-1>

¹⁷ Grechkin A.V., Kotlyarenko A.V. & Kutenev V.F. (2021) Scientific problems in the field of research of non-exhaust particulate matter emissions formed during the movement of wheeled vehicles. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 867:012088. doi:10.1088/1755-1315/867/1/012088

¹⁸ Almirall B.F., Cabre R.M. (2018). Study of the Chinese brake durability patterns and comparison with the main worldwide programmes (Paper EB2018-VDT-020). In: Eurobrake 2018 Conference, Hague, Netherlands, 22 - 24 May 2018. London: FISITA, ISBN: 978-1-5108-7963-8

¹⁹ Hagino, H., Oyama, M., & Sasaki, S. (2015). Airborne brake wear particle emission due to braking and accelerating. *Wear*, 334-335: 44–48. doi:10.1016/j.wear.2015.04.012

добијених резултата на инерцијалном кочном динамометру²⁰.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Када се проучавају кочнице као извор респирабилних честица, настанак честица је резултат процеса хабања елемената фриксионог пара кочнице, што су у случају диск кочница, које су предмет истраживања, диск (ротор) и кочне плочице. Позната је чињеница да је после одређеног броја кочења потребна промена кочних плочица услед похабаности фриксионих облога, али је у мањој мери присутно и хабање диска. Сав похабани материјал кочница се приликом кретања возила ослобађа, пре свега у ваздух, у облику честица различитих величина.

Предмет ове докторске дисертације представља емисија, односно концентрација честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ које настају хабањем фиксионих парова диск кочнице у процесу кочења, као и идентификација утицајних фактора (брзина возила, притисак у кочном систему, температура елемената фриксионог пара, оптерећење коченог точка, итд.) на настанак честица. Поред поменутих фактора у процесу кочења истраживање ће бити усмерено и на утицај различитих кочних плочица диск кочница (конструкција/облик, материјал, стање) на емисију честица.

Циљ рада јесте анализа различитих фактора који утичу на концентрацију лебдећих честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ које настају приликом кочења диск кочнице применом инерцијалног кочног динамометра у лабораторијским условима. Кинетичка енергија која одговара маси једне четвртине возила симулира се одговарајућом замајном масом. Утицајни фактори који ће бити анализирани су: вертикално оптерећење точка путничког возила, почетна брзина у процесу кочења и притисак у кочном систему, уз анализу утицаја примене различитих кочних плочица (различитих произвођача, састава и геометрије). Истраживањем поменутих утицајних фактора (наведени радни параметри и различите кочне плочице) извршиће се њихово рангирање према степену утицаја на концентрацију насталих честица приликом кочења и утврдиће се како неки од фактора утичу на концентрацију честица различитих величина (PM_{10} и $PM_{2.5}$) и да ли се њихов однос мења при варирању параметара.

Основне почетне хипотезе које произилазе из предмета рада, циља рада и из анализе досадашњих истраживања у овој области, произилазе следеће почетне претпоставке:

- Применом инерцијалног кочног динамометра се може успешно измерити концентрација честица која настаје при кочењу диск кочнице која одговара моделу једне четвртине возила.
- Промена параметара кочења има утицаја на укупну концентрацију честица које

²⁰ Sanders, P. G., Xu, N., Dalka, T. M., & Maricq, M. M. (2003). Airborne Brake Wear Debris: Size Distributions, Composition, and a Comparison of Dynamometer and Vehicle Tests. *Environmental Science & Technology*, 37(18): 4060–4069. doi:10.1021/es034145s

настају хабањем фрикционих парова диск кочнице.

- Однос концентрација честица различитих величина које настају хабањем фрикционих парова диск кочнице зависи од параметара кочења.
- Радни параметри кочења (почетна брзина кочења, притисак у кочном систему и оптерећење једне четвртине возила) увек имају идентичан утицај на измерену концентрацију честица без обзира на примењене кочне плочице.

Методе истраживања

На основу доступне литературе, биће анализиран проблем емисије честица које настају хабањем кочница. Овај проблем је одавно присутан, али ће у будућности постати доминантнији у односу на загађиваче-изворе који емитују честице сагоревањем у мотору. Прегледном доступних истраживања биће анализирани и критички оцењени досадашњи закључци до којих су дошли истраживачи у области настанка честица хабањем фрикционих парова диск кочница. Експериментални део истраживања ће бити реализован на инерцијалном кочном динамометру, на коме ће се симулирати кочење једне четвртине путничког возила. Концентрације насталих честица пратиће се применом уређаја за мерење концентрације честица, док ће се склоп диск кочнице налазити унутар кућишта инерцијалног кочног динамометра како би се задржале честице настале хабањем кочнице, чиме је спречено мерење честица насталих на неки други начин. Параметри који ће бити варијирани приликом кочења су: симулирана брзина возила, притисак у кочном систему и оптерећење четвртине возила и то за више различитих фрикционих плочица. Имајући у виду да не постоји прописана стандардна међународна/национална методологија и тестови за истраживање и анализу честица које настају приликом кочења, одговарајући параметри кочења биће изабрани на основу прегледа различитих меродавних возних циклуса и тестова које су коришћени у другим истраживањима кочница. На овај начин ће на основу прегледа добијених података мерења бити формиран тест који би омогућио упоредну анализу више добијених резултата. Применом статистичких алата биће извршено поређење добијених вредности емисије честица PM_{10} и $PM_{2.5}$ за различите параметре кочења, али исто тако и за неколико врста фрикционих плочица. На овај начин се може идентификовати ранг утицаја параметара кочења на емисију честица применом различитих кочних плочица и на основу добијених резултата дати предлог конструктивних мера за остваривање смањења нивоа емисије.

Оквирни садржај докторске дисертације

Докторска дисертација ће оквирно садржати осам поглавља и то:

1. Уводна разматрања
2. Емисија честица које нису резултат сагоревања у мотору и хабање 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 кандидат би представио уводна разматрања која су везана за предмет и циљ докторске дисертације. Хабање материјала фриксионог пара кочне плочице-диск кочнице има посебан значај када је у питању настанак честица приликом процеса кочења возила. У овом поглављу ће бити детаљно анализирани фриксиони парови у погледу њихове конструкције, материјала и самог процеса кочења, тј. радних параметара.

У другом поглављу докторске дисертације кандидат ће анализирати: штетан утицај честица на животну средину, изворе настанка честица и њихове основне карактеристике. Предмет докторске дисертације су честице које настају хабањем фриксионог пара кочница и ова емисија спада у емисију честица чији је извор возило, али које не настају сагоревањем у мотору, већ хабањем одређених елемената који су у међусобном контакту. У овом поглављу ће бити објашњен механизам настанка ове врсте честица и начин на који се ослобађају у животну средину.

У трећем поглављем кандидат ће приказати и анализирати резултате истраживања у области настанка честица хабањем кочница и утицајних фактора на њихову концентрацију, величину и састав. Кандидат ће дати приказ критичке анализе методологија и тестове који су примењени у различитим испитивањима других аутора.

У четвртном поглављу докторске дисертације биће представљена методологија и тестови који ће се спроводити у експерименталном делу докторске дисертације. Биће објашњене извршене модификације инерцијалног динамометра у циљу мерења емисије честица. Такође у овом поглављу ће бити представљен и тест који је извршен у експерименталном делу са објашњењем експеримента.

У петом поглављу докторске дисертације кандидат ће представити и анализу добијених података неком од постојећих статистичких метода. На овај начин применом статистичких метода формираће закључке како посматрани фактори утичу на емисију честица насталих кочењем возила.

У шестом поглављу кандидат ће представити преглед мера за смањење емисије честица насталих кочењем, као и неки од система и технологија које се могу очекивати у будућности на новопроизведеним возилима, као и будућу могућу законску регулативу у овој области.

У седмом поглављу кандидат ће приказати закључке изведене на бази резултата добијених током израде докторске дисертације. Закључци ће садржати потврду или негирање полазних хипотеза.

У осмом поглављу биће наведена коришћена литература у изради докторске дисертације.

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

Имајући у виду резултате истраживања других аутора, а на основу предложеног садржаја докторске дисертације, може се закључити да је ово једна од актуелних области истраживања када је у питању моторно возило и његов утицај на загађење животне средине честицама. На основу тога, може се рећи да постоји потреба за анализом и разумевањем процеса настанка честица приликом хабања кочница и анализом фактора који имају утицаја на концентрацију и величину честица. Данас, али и у будућности, све су актуелнија возила која имају еколошки чисте погоне, па ће кочнице бити један од водећих загађивача животне средине честицама, када је у питању моторно возило као извор загађења. Из претходно реченог, предложена тема докторске дисертације је од кључног значаја за даља истраживања и разумевање фактора који утичу на настанак честица да би се развиле методе истраживања, па и систем за кочење са циљем смањења концентрације честица које настају приликом кочења.

Комисија закључује да је предложена тема кандидата Васиљевић Саше, маг. инж. маш. са датим предметом, циљем рада, садржајем и очекиваним резултатима, који су настали као резултат детаљне анализе објављених научних радова у различитим међународним часописима и научно-стручним скуповима, оригинална идеја кандидата.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Васиљевић Саша, маг. инж. маш. је у пријави теме докторске дисертације применио све савремене принципе научно-истраживачког рада, сходно светским стандардима. У достављеној пријави докторске дисертације кандидат је користио одговарајућу терминологију из области моторних возила у којој се налази тема докторске дисертације.

На основу предложене и анализираних доступне литературе, кандидат је показао способност за анализу и избор релевантних радова и утврђивања праваца даљих истраживања у области теме докторске дисертације. Предмет истраживања, предложене хипотезе, као и методе истраживања дефинисани су уз поштовање научних принципа.

Методологијом која је предложена у пријави теме докторске дисертације, омогућава се добијање поузданих и релевантних резултата, али и закључака на основу којих је могуће да кандидат може извршити научну проверу дефинисаних хипотеза.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а. Кратка биографија кандидата

Кандидат Саша Васиљевић, рођен је 10.03.1993. године у Јагодини. По завршеном похађању основне школе „Стеван Синђелић“ у Великом Поповићу код Деспотовца, 2008. године је уписао Техничку школу у Ћуприји. Након успешног завршетка средње школе,

као ђак генерације, 2012. године, уписао је Високу техничку школу струковних студија у Крагујевцу на студијском програму Друмски саобраћај. Основне струковне студије је завршио 2015. године, са просечном оценом у току студирања 8,38 (осам и 38/100) и са укупно 180 ЕСПБ бодова стекао је академско звање *Струковни инжењер саобраћаја*. Завршни рад под називом „Документација и исправе у превозу опасног терета“, одбранио је из предмета Организација друмског транспорта, са оценом 10 (десет). Такође је проглашен за најбољег студента основних струковних студија на студијском програму Друмски саобраћај, генерације 2012/2013. Након завршетка основних струковних студија, 2015. године је уписао основне академске студије на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, студијски програм Машинско инжењерство, модул Друмски саобраћај. Након положене разлике испита у односу на претходно завршене студије, основне академске студије је завршио 2016. године са просечном оценом 8,43 (осам и 43/100) и са укупно 180 ЕСПБ бодова стекао академско звање *Инжењер машинства*. Завршни рад под називом „Мере активне безбедности на возилима за превоз опасних материја“, одбранио је из предмета Безбедност саобраћаја, са оценом 10 (десет).

Након завршених основних струковних студија уписао је специјалистичке струковне студије 2015. године на Високој техничкој школи струковних студија у Крагујевцу, на студијском програму Управљање друмским саобраћајем. Специјалистичке струковне студије завршио је 2016. године са просечном оценом 9,00 (девет и 00/100) и са укупно 240 ЕСПБ бодова стекао је академско звање *Специјалиста инжењер саобраћаја*. Специјалистички рад под називом „Управљање безбедношћу саобраћаја приликом транспорта опасног терета са посебним освртом на град Крагујевац“, одбранио је из предмета Управљање безбедношћу саобраћаја, са оценом 10 (десет).

Мастер академске студије је уписао 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) и са укупно 300 ЕСПБ бодова стекао је академско звање *Мастер инжењер машинства*. Мастер рад под називом „Идејни пројекат картинг возила“, одбранио је из предмета Пројектовање моторних возила, са оценом 10 (десет).

Докторске академске студије је уписао 2018. године на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, на студијском програму Машинско инжењерство, где је и данас студент. Испите предвиђене студијским програмом положио је са просечном оценом 9,67 (девет и 67/100).

Присуствовао је бројним међународним и домаћим научно-стручним скуповима, а као аутор и коаутор се појављује на 56 научних и стручних радова, објављеним у зборницима радова, домаћим и иностраним часописима.

Од 01.11.2016. године је запослен на Високој техничкој школи струковних студија Крагујевац (сада Академија струковних студија Шумадија - Одсек Крагујевац) као сарадник у настави, за ужу научну област Машинско инжењерство, док је од 01.11.2018. године запослен као асистент. Учествовао је у бројним активностима школе као студент, између осталих и у организацији обележавања дана сећања на жртве саобраћајних незгода

2014. године у Крагујевцу и показној вежби о значају употребе сигурносног појаса у случају саобраћајне незгоде 2015. године, такође у Крагујевцу, које је школа спровела у сарадњи са Агенцијом за безбедност саобраћаја.

6. Научно-истраживачки рад

M23

1. Stojanović Nadica, Glišović Jasna, Abdullah Oday Ibraheem, Grujić Ivan, **Vasiljević Saša**: Pressure influence on heating of ventilating disc brakes for passenger cars, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, vol.24, no. 1A, pp. 203-214, DOI: 10.2298/TSCI190608314S, 2020.
2. **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.
3. **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*, vol. 236, no. 7, pp. 1579-1594, ISSN 0954-4070, DOI: 10.1177/09544070211036321, 2022.
4. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Blaža, Vencl Aleksandar: Review of the coatings used for brake discs regarding their wear resistance and environmental effect, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, pp. 1-18, ISSN 1350-6501, DOI: 10.1177/13506501211070654, 2022 (Online first).

M33

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. **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana, Mladenović Milan, INFLUENCE OF NOISE WHOSE SOURCE ARE VEHICLES ON CITIZENS OF KRAGUJEVAC AND THEIR QUALITY OF LIFE, 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 978-86-6335-043-43
3. **Vasiljević Saša**, Aleksić Nataša, Rajković Dragan, Đukić Rade, Šarenac Milovan, Banković Nevena, THE BENEFITS OF APPLICATION OF CAD/CAE TECHNOLOGY IN THE DEVELOPMENT OF VEHICLES IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY, Proceedings of VII International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2017), Zrenjanin, University of Novi Sad, Technical faculty "Mihajlo Pupin", 2017, 12th-13th October, pp. 314- 323, ISBN 978-86-7672-303-4.
4. **Vasiljević Saša**, TESTING METHODOLOGIES OF PASSENGER BODYCARS, Proceedings of First International Student Scientific Conference "Multidisciplinary Approach to Contemporary Research", Belgrade, Serbia, Central Institute for Conservation, Scientific Association for the development and promotion of new technologies, 2017, 25th-26th

November, pp. 352-359, ISBN 978-86-6179-056-038

5. **Vasiljević Saša**, Radisavljević Marko, MODIFIED APPROACH FOR VEHICLE TESTING AS A MEASURE TO IMPROVE AERODYNAMICITY OF A VEHICLE, Proceedings of First International Student Scientific Conference "Multidisciplinary Approach to Contemporary Research", Belgrade, Serbia, Central Institute for Conservation, Scientific Association for the development and promotion of new technologies, 2017, 25th-26th November, pp. 360-368, ISBN 978-86-6179-056-038
6. Stojanović Nadica, Glišović Jasna, Grujić Ivan, Narayan Sunny, **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana, EXPERIMENTAL AND NUMERICAL MODAL ANALYSIS OF BRAKE SQUEAL NOISE, Proceedings of 7th International Congress Motor Vehicles & Motors 2018 ECOLOGY - VEHICLE AND ROAD SAFETY – EFFICIENCY, Kragujevac, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Department for Motor Vehicles and Motors, International Journal "Mobility & Vehicle Mechanics", 2018, 4th-5th October, pp. 313- 321, ISBN 978-86-6335-055-7
7. **Vasiljević Saša**, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Bošković Bojan, Mladenović Milan, MEASUREMENT OF VEHICLE BRAKE COEFFICIENT AS VEHICLE MAINTENANCE PARAMETER ON TECHNICAL INSPECTION LINES, Proceedings of 7th International Congress Motor Vehicles & Motors 2018 ECOLOGY - VEHICLE AND ROAD SAFETY – EFFICIENCY, Kragujevac, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Department for Motor Vehicles and Motors, International Journal "Mobility & Vehicle Mechanics", 2018, 4th-5th October, pp. 523-529, ISBN 978-86-6335-055-7
8. Bošković Bojana, Mladenović Milan, **Vasiljević Saša**, Teofilović Marina, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, PERSONS WITH DISABILITIES AS PARTICIPANTS IN THE TRAFFIC, Proceedings of 7th International Congress Motor Vehicles & Motors 2018 ECOLOGY - VEHICLE AND ROAD SAFETY – EFFICIENCY, Kragujevac, Serbia, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Department for Motor Vehicles and Motors, International Journal "Mobility & Vehicle Mechanics" 2018, 4th-5th October, pp. 531- 539, ISBN 978-86-6335-055-7
9. **Vasiljević Saša**, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Glišović Jasna, CONTINUOUS VARIABLE TRANSMISSION ON VEHICLES - EFFECTS OF APPLICATION, Proceedings of Second International Students' Scientific Conference "Multidisciplinary Approach to Contemporary Research", Belgrade, Serbia, Central Institute for Conservation, Scientific Association for the development and promotion of new technologies, 2018, 24th-25th November, pp. 132-140, ISBN 978-86-6179-062-1
10. **Vasiljević Saša**, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, KARTING VEHICLE DESIGN PHASES WITH A SPECIAL FOCUS ON TESTING OF VEHICLE PERFORMANCE AND APPLICATION OF CAE TECHNOLOGY IN VEHICLE DESIGN, Proceedings of YOUng ResearcherS Conference 2019 (YOURS 2019), Belgrade, Serbia, Ministry of Education, Science and Technological Development, Editorial Board of Journal of Applied Engineering Science, Belgrade Fair, 2019, 26th-27th March, pp. 24-36, ISBN 978-86-84231-49-1
11. 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-

12. Stojanović Nadica, Abdullah Ibraheem Oday, Grujić Ivan, Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, STUDY THE EFFECT OF VANES SHAPE ON THE CONVECTIVE COOLING OF THE VENTILATED BRAKE DISC, 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. 379-384, ISBN 978-99938-39-85-9
13. Grujić Ivan, Stojanović Nadica, Abdullah Ibraheem Oday, Pešić Radivoje, Dorić Jovan, **Vasiljević Saša**, VERIFICATION OF NUMERICAL ANALYSIS FOR THE WORKING CYCLE OF AN IC ENGINE BASED ON THE EXPERIMENTAL DATA, Proceedings of 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2019, Banja Luka, Republika Srpska, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, 2019, 24th-25th May, pp. 433-438, ISBN 978-99938-39-85-9
14. Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Glišović Jasna, Abdullah Ibraheem Oday, **Vasiljević Saša**, APPLICATION OF NEW TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE VISUAL FIELD OF HEAVY DUTY VEHICLES' DRIVERS, Proceedings of 5th International Conference "New technologies, development and application" (NT-2019), Sarajevo, Bosnia and Hercegovina, 2019, 27th- 29th June, pp. 411-421, In: Karabegović I. (ed.) New Technologies, Development and Application II. NT 2019. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 76. (2020) Springer, Cham, ISBN: 978-3-030-18071-3
15. 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
16. **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
17. Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Dorić Jovan, **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana, THE INFLUENCE OF MIRRORS POSITION ON THE DRIVER VISUAL FIELD, Proceedings of 7th International Conference Transport and Logistics, Niš, Serbia, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Material Handling Equipment and Logistics Systems, 2019, 6th December, pp. 115-119, ISBN 978-86-6055-127-8
18. Stojanović Nadica, Miloradović Danijela, Abdullah Ibraheem Oday, Grujić Ivan, **Vasiljević Saša**, EFFECT OF REAR SPOILER SHAPE ON CAR AERODYNAMICS AND STABILITY, Proceedings of 6th international conference "New Technologies, Development and Application III. NT 2020", Sarajevo, Bosnia and Hercegovina, 2020, 25th-27th June, pp. 340-347, 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
19. 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
20. Stojanović Nadica, Abdullah Ibraheem Oday, Grujić Ivan, Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, STRESSES DISTRIBUTION IN FUNCTION OF CONSTANT ACTING PRESSURE AND GENERATED TEMPERATURE ON THE BRAKE DISC, 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, October 8th - 9th, pp. 223-230, ISBN 978-86-6335-074-8
 21. **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
 22. **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
 23. Grujić Ivan, Stojanović Nadica, Dorić Jovan, Davnić Aleksandar, **Vasiljević Saša**, NUMERICAL ANALYSIS OF THE DUAL FUEL IC ENGINE WORKING CYCLE, 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. 55-59, ISBN 978-86-6335-074-8
 24. **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
 25. Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, Miloradović Nenad, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, FUEL ECONOMY OF OFF-ROAD VEHICLES IN RESPECT TO RECUPERATION OF VEHICLE'S KINETIC ENERGY, Proceedings of XXIX International Scientific Conference TRANS & MOTAUTO 21, Varna, Bulgaria, Scientific Technical Union of Mechanical Engineering „Industry 4.0“, 2021, 21th-24th June, pp. 96-99, ISBN 1313-5031
 26. 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

27. Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Glišović Jasna, Bošković Bojana, **Vasiljević Saša**, THE APPLICATION OF CAMERAS ON THE HEAVY DUTY VEHICLES WITH AIM TO INCREASE THE DRIVER VISUAL FIELD, Proceedings of 8th International Conference Transport and Logistics-TIL 2021, Niš, Serbia, University of Niš , Faculty of Mechanical Engineering, Department of Material Handling Equipment and Logistics Systems, 2021, 3rd December, pp. 177-180, ISBN 978-86-6055-156-8

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

M52

1. Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, Mladenović Milan, Bošković Bojana: A numerical analysis of the influence of working depth on subsoiler stress, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol. 22, no. 1/2, pp. 46-50, 2017.
2. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Grujić Ivan, Stojanović Nadica: Analysis of the tractor stability problem, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol. 23, no. 1/2, pp. 78-87, 2018.
3. Stojanović Nadica, Glišović Jasna, Grujić Ivan, Narayan Sunny, **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana: Experimental and numerical modal analysis of brake squeal noise, *Mobility & Vehicle Mechanics*, ISSN 1450-5304, vol. 44, no. 4, pp. 73-85, DOI: 10.24874/mvm.2018.44.04.05, 2018.
4. Grujić Ivan, Stojanović Nadica, Dorić Jovan, **Vasiljević Saša**, Pešić Radivoje: The analysis of conventional and non conventional piston mechanism from aspect of mechanical stresses, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol.24, no.1/2, pp. 5-8, 2019.
5. Stojanović Nadica, Grujić Ivan, Glišović Jasna, **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana: The influence of the axis positions of the double cardan joint on the kinematic characteristics, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol. 24, no. 1/2, pp. 58-64, 2019.
6. **Vasiljević Saša**, Čatić Dobrivoje, Glišović Jasna: Fault tree analysis of motor vehicle's disc brake, *Traktori i pogonske mašine*, ISSN 0354-9496, vol. 24, no.1/2, pp. 72-81, 2019.
7. **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.
8. Kočović Vladimir, Kostić Sonja, **Vasiljević Saša**, Santoši Željko, Košarac Aleksandar: Determination of the parasitic forces that occur as a consequence of the movement of the roller over the miniature profiled guide, *Machine Design*, ISSN 1821-1259, vol.11, no. 4, pp. 145-148, 2019.

9. Rajković Dragan, **Vasiljević Saša**: Upravljanje kvalitetom usluge u javnom prevozu putnika, *Tehnika*, ISSN 0040-2176, vol. 20, no. 3, pp. 403-410, 2020.
10. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan: Brake wear mechanism and particulate formation, *Traktori i pogonske mašine*, vol.25, no. 1/2, pp. 80-89, ISSN 0354-9496, 2020.
11. **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*, vol. 47, no. 2, pp. 45-59, ISSN 1450-5304, DOI: 10.24874/mvm.2021.47.02.04, 2021.

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.

M63

1. **Vasiljević Saša**, Đorđević Milosav, PROBLEM ZAŠTITE OD PODLETANJA PUTNIČKOG POD TERETNO VOZILO, Zbornik radova savetovanja "Saobraćajne nezgode", Zlatibor, Srbija, Agencija „EXPERT“, 2017, 18.-20. maj, str. 479- 489, ISBN 978-86-86931-14-6
2. **Vasiljević Saša**, Maslač Marko, SISTEM AKTIVNE BEZBEDNOSTI NA VOZILIMA ZA PREVOZ OPASNE ROBE, Zbornik radova savetovanja "Saobraćajne nezgode", Zlatibor, Srbija, Agencija „EXPERT“, 2017, 18.-20. maj, str. 177- 188, ISBN 978-86-86931-14-6
3. Rajković Dragan, **Vasiljević Saša**, Moljević Slaviša, Đorđević Milosav, Gojković Radojka, MENADŽMENT KVALITETOM I BEZBEDNOSTI U DRUMSKOM TRANSPORTU, Zbornik radova 44. nacionalne konferencije o kvalitetu Srbije, Jahorina, Republika Srpska, Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, 2017, 26.-28. oktobar, str. 217-225, ISBN 978-99976-719-0-5
4. **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana, Mladenović Milan, Grujić Ivan, UTICAJ RAZVOJA SISTEMA ZA UBRIZGAVANJE GORIVA NA SMANJENJE EMISIJE IZDUVNIH GASOVA KOD DIZEL MOTORA, Zbornik radova VI međunarodnog simpozijuma "Novi Horizonti 2017 transporta i komunikacija", Doboj, Republika Srpska, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni Fakultet, 2017, 17.-18. novembar, str. 113-121, ISBN 978-99955-36-66-4
5. **Vasiljević Saša**, Bošković Bojana, Mladenović Milan, Stojanović Nadica, MOGUĆNOST PRIMENE SAVREMENIH SISTEMA AKTIVNE BEZBEDNOSTI NA VOZILIMA ZA PREVOZ OPASNIH MATERIJAMA, Zbornik radova VI međunarodnog simpozijuma "Novi Horizonti 2017 transporta i komunikacija", Doboj, Republika Srpska, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Saobraćajni Fakultet, 2017, 17.-18. novembar, str. 225-234, ISBN 978-99955-36-66-4
6. Aleksandrović Branislav, Dzagić Nenad, **Vasiljević Saša**, ULOGA SAVREMENIH SISTEMA AKTIVNE BEZBEDNOSTI MOTOCIKLA TOKOM OBUKE VOZAČA „A“ KATEGORIJE, Zbornik radova savetovanja "Saobraćajne nezgode", Zlatibor, Srbija,

Agencija „EXPERT“, 2018, 17.-19. maj, str. 419-426, ISBN 978-86-86931-15-3

7. **Vasiljević Saša**, ODRŽAVANJE I TEHNIČKO STANJE VOZILA KAO FAKTOR BEZBEDNOSTI SAOBRAĆAJ, Zbornik radova savetovanja “Saobraćajne nezgode”, Zlatibor, Srbija, Agencija „EXPERT“, 2018, 17.-19. maj, str. 449-457, ISBN 978-86-86931-15-3
8. **Vasiljević Saša**, Rajković Dragan, Kostić Sonja, Glišović Jasna, MERENJE UTICAJA PRITISKA VAZDUHA NA KARTING VOZILA PRIMENOM CAE TEHNOLOGIJE, Zbornik radova sa 4. međunarodne naučne konferencije “Primijenjene tehnologije u mašinskom inženjerstvu” COMETA2018,, Jahorina, Republika Srpska, Univerzitet u Istočnom Sarajevu, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, 2018, 27.-30. novembar, str. 427-477, ISBN 978-99976-719-4-3
9. **Vasiljević Saša**, Glišović Jasna, Stojanović Nadica, Grujić Ivan, PRIMENA SAVREMENIH SISTEMA KOČENJA NA VOZILIMA U CILJU SPREČAVANJA SAOBRAĆAJNIH NEZGODA, Zbornik radova savetovanja “Saobraćajne nezgode”, Zbornik radova savetovanja “Saobraćajne nezgode”, Zlatibor, Srbija, Agencija „EXPERT“, 2019, 16.-18. maj, str. 154-164, ISBN 978-86-86931-16-0
10. Rajković Dragan, **Vasiljević Saša**, Radmanović Predrag, Antonijević Marijana, KVALITET USLUGE I ZADOVOLJSTVO KORISNIKA AUTO ŠKOLE, Zbornik radova Festival kvaliteta 2019, 46. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Kragujevac, Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet inženjerskih nauka, 2019, 29. maj – 1. jun, str. 127-134, ISBN 978-86-633 -059-5
11. **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
12. Rajković Dragan, **Vasiljević Saša**, Kostić Sonja, UPRAVLJANJE MERNOM OPREMOM U RECIKLAŽNOM CENTRU, Zbornik radova XXII naučno stručnog skupa “Sistem kvaliteta uslov za uspešno poslovanje i konkurentnost“, Kopaonik, Asocijacija za kvalitet i standardizaciju Srbije, Srbija, 2021, 26.-28. maj, str. 197-206, ISBN 987-86-806164-16-8

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Јасна Глишовић, ванредни професор, Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

• Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство:

1. Stojanović Nadica, Abdullah Oday Ibraheem, **Glišović Jasna**, Grujić Ivan, Dorić Jovan: Investigation of thermal behaviour of brake system using alternative materials, *Heat Transfer Research*, ISSN 1064-2285 (Print), ISSN 2162-6561 (Online), vol. 51, no. 17, pp. 1609-1623, DOI: 10.1615/HeatTransRes.2020035198, 2020 [M22]
2. Stojanović Nadica, **Glišović Jasna**, Abdullah Oday Ibraheem, Belhocine Ali, Grujić Ivan: Particle formation due to brake wear, influence on the people health and measures for their reduction: a review, *Environmental Science and Pollution Research*, ISSN 0944-1344 (Print), ISSN 1614-7499 (Online), vol. 29, no. 7, pp. 9606-9625, DOI: 10.1007/s11356-021-

17907-3, 2022 [M22]

3. Stojanović Nadica, **Glišović Jasna**, Abdullah Oday Ibraheem, Grujić Ivan, Vasiljević Saša: Pressure influence on heating of ventilating disc brakes for passenger cars, *Thermal Science*, ISSN 0354-9836, vol.24, no. 1A, pp. 203-214, DOI: 10.2298/TSC1190608314S, 2020 [M23]
4. 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 [M23]
5. Vasiljević Saša, **Glišović Jasna**, Stojanović Blaža, Venci Aleksandar: Review of the coatings used for brake discs regarding their wear resistance and environmental effect, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology*, pp. 1-18, ISSN 1350-6501, DOI: 10.1177/13506501211070654, 2022 (Online first) [M23]
6. 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*, pp. 1-16, ISSN 0954-4070, DOI: 10.1177/09544070211036321, 2022 (Online first) [M23]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Саша Васиљевић, маг. инж. маш., испунио је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Комисија сматра да предложени назив теме докторске дисертације треба модификовати, па предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да измењену тему за докторску дисертацију:

АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА НА ЕМИСИЈУ ЧЕСТИЦА НАСТАЛИХ ХАБАЊЕМ КОЧНИЦА ВОЗИЛА

прихвати и одобри њену израду кандидату Саши Васиљевићу, маг инж. маш.

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Јасна Глишовић, ванредни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
Датум: мај 2022. год.

КОМИСИЈА

Јасна Глишовић

Др Јасна Глишовић, ванредни професор – председник Комисије
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Ужа научна област: Мотори и моторна возила

Јованка Лукић

Др Јованка Лукић, редовни професор – члан
Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу
Уже научне области: Моторна возила, Друмски саобраћај

Д. Милорадовић

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

Б. Стојановић

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

Јован Дорић

Др Јован Дорић, ванредни професор – члан
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
Ужа научна област: Моторна возила и мотори СУС