

Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Милош Танасијевић

Звање: редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Tanasijević M., Ivezić D., Jovančić P., Čatić D., Zlatanović D., Study of Dependability Evaluation for Multi-hierarchical Systems Based on Max–Min Composition, Quality and Reliability Engineering International, 29(3), 317-326, 2013, ISSN: 0748-8017, M22, IF = 0.994
2. Tanasijević M., Ivezić D., Jovančić P., Ignjatović D., Bugarić U. Dependability assesment of open-pit mines equipment – study on the bases of fuzzy algebra rules. Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability. 2013,15(1), 66–74, ISSN: 1507-2711, M23, IF = 0.505
3. Tanasijevic M. Jovancic P. Ivezic D. Bugaric U. Djuric R. A Fuzzy-Based Decision Support Model for Effectiveness Evaluation - a Case Study of the Examination of Bulldozers. INTERNATIONAL JOURNAL OF INDUSTRIAL ENGINEERING-THEORY APPLICATIONS AND PRACTICE, 2019. 26(6), 878-897, ISSN:1943-670X, M23, IF = 0.460
4. Petrovic D. Tanasijevic M. Stojadinovic S. Ivaz J. Stojkovic P. Fuzzy Model for Risk Assessment of Machinery Failures, SYMMETRY. 2020, 12(4) ISSN: 2073-8994, M22, IF = 2.713
5. Petrovic D. Tanasijevic M. Stojadinovic S. Ivaz J. Stojkovic P. Fuzzy expert analysis of the severity of mining machinery failure, Applied Soft Computing. 2020, 94, ISSN 1568-4946, M21a, IF=6.725

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној _____ размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од
значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми
и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Предраг Јованчић

Звање: редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Miletić F., Jovančić P., Milovančević M., Ignjatović D. (2020), Adaptive neuro-fuzzy prediction of operation of the bucket wheel drive based on wear of cutting elements, JOURNAL ADVANCES IN ENGINEERING SOFTWARE, 146 (2020) 102824 (M21a; IF:4,194)
2. Damjanović, V., Jovančić P. (2014), Validation of bucket wheel drive component model through vibration monitoring: A torque arm key study, JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Vol. 16 (3), pp. 1212-1218 (M23; IF:0,617)
3. Tanasijević, M., Ivezić, D., Jovančić P., Ignjatović D., Bugarić, U. (2013), Dependability assesment of open-pit mines equipment – study on the bases of fuzzy algebra rules, JOURNAL OF MAINTENANCE AND RELIABILITY (Eksplotacja i Niezawodnosć), Vol. 15 (1), pp. 66-74 (M23; IF:0,505)
4. Јованчић, П., Ђеловић, Ш., Игњатовић, Д., Манески, Т. (2013), Redesigning components of power transmission according to numerical model and vibration diagnostics, JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Vol. 15 (3), pp. 1322-1329 (M23; IF:0,660)
5. Maneski, T., Jovančić P., Ignjatović D., Milošević-Mitić, V., Maneski, M. (2012), "Condition and behaviour diagnostics of drive groups on belt conveyors", JOURNAL OF ENGINEERING FAILURE ANALYSIS, Vol. 22, pp. 28-37 (M22; IF:0,855)

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној _____ размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 34. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 24.03.2022. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације **Филипа Милетића, маг. инж. рударства и маг. инж. машинства.**
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *Утицај похабаности резних елемената роторног багера на ниво вибрација погона за копање*".
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За менторе се именују др Милош Танасијевић, ред. проф. и др Предраг Јованчић, ред. проф.
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

Универзитет у Београду
Рударско-геолошки факултет

Наставно-научном већу

Предмет: Научна заснованост теме кандидата Филипа Милетића, мастер инжењера рударства и мастер инжењера машинства за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1/12 од 24.01.2022. године именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Филипа Милетића, мастер инжењера рударства и мастер инжењера машинства, под називом: „Утицај похабаности резних елемената роторног багера на ниво вибрација погона за копање“.

На основу приложеног материјала уз захтев кандидата и на основу спроведене одбране предложене теме која је организована 23.02.2022. у 14 сати, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1 Општи биографски подаци

Филип Милетић је рођен 30.10.1994. године у Београду. Средњу техничку школу „Колубара“ у Лазаревцу, образовни профил „Рударски техничар“ похађао је у периоду од 2009. до 2013. године и завршио са одличним успехом.

Основне академске студије на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Рударско инжењерство, уписао је 2013. године и завршио у року са просечном оценом 9,66 (девет и 66/10). Завршни рад под називом „Одређивање снаге основних погона и капацитета багера SchRs1400.28/3 на површинском копу Поље Ц“ – одбрано је 14. септембра 2017. године са оценом 10. Тиме је стекао звање *дипломирани инжењер рударства*.

Школске 2017/2018. године уписао је мастер академске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, студијски програм Рударско инжењерство, модул Механизација у рударству и завршио у року са освојених 78 ЕСПБ и просечном оценом 10. Мастер рад под називом „Утицај резних елемената роторног багера на погон роторног точка“ одбранио је 14. септембра 2018. године са оценом 10. Тиме је стекао звање *мастер инжењер рударства*.

Школске 2018/2019. године кандидат је уписао докторске академске студије на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Рударско инжењерство. Списак положених испита дат је у наредној табели:

Предмет	Оцена
Одабрана поглавља физике	10
Нелинеарна динамика	10
Вишекритеријумско одлучивање у рударском инжењерству	10
Примена метода меког рачунарства у рударском инжењерству	10
Сигурност функционисања рударских машина	10
Методе избора рударских машина	10
Продужетак животног века рударских машина	10
Статика и динамика рударских машина	10
Израда докторске дисертације 1	10
Израда докторске дисертације 2	10
Израда докторске дисертације 3	10
Израда докторске дисертације 4	10
Израда докторске дисертације 5	10
Израда докторске дисертације 6	10
Научно-истраживачки рад	10
Научно-истраживачки рад	10

Школске 2019/2020 кандидат је уписао мастер академске студије на Машинском факултету Универзитета у Нишу на студијском програму Машинско инжењерство, модул Машинске конструкције, развој и инжењеринг. Положио је све испите предвиђене планом и програмом, остваривши просечну оцену 9,33 (девет и 33/10). Мастер рад под називом „Пројекат унапређења пословања рудника“ одбранио је 2021. године. Тиме је стекао звање *мастер инжењер машинства*.

У периоду од школске 2014/2015. до 2016/2017. године кандидат је био добитник стипендије Министарства просвете, науке и технолошког развоја за остварену просечну оцену преко 9,0.

Школске 2016/2017. године кандидат је био добитник стипендије „Доситеја“ која се додељује талентованим и успешним студентима из Фонда за младе таленте Републике Србије, у надлежности Министарства омладине и спорта, Владе Републике Србије.

Школске 2016/2017. кандидат је био добитник награде општине Лазаревац, за просечну оцену током студија већу од 9,50.

Кандидат је члан Савеза инжењера рударства и геологије Србије и Друштва за интегритет и век конструкција (DIVK).

Носилац је награде Рударско-геолошког факултета за најбољег студента Мастер академских студија за школску 2017/2018. годину.

1.2 Стечено научно-истраживачко и стручно искуство

Кандидат је 01.04.2019. године изабран у звање Истраживач приправник на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. Као студент докторских академских студија, кандидат је помагао у држању вежби из предмета Машински елементи и Основи конструисања у сегменту прегледа графичких радова.

Кандидат је 20.07.2020. године изабран у звање Асистента на Катедри за опште машинство и термодинамику Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Задужен је за држање вежби из предмета:

Машински елементи, Основи конструисања, Технологија машинске обраде, Поузданост техничких система, Пројектовање и избор рударских машина и Хидрауличке и пнеуматичке машине у рударству.

Кандидат је учествовао у изради једног научно-истраживачког пројекта, више стручних пројеката и једне студије.

Кандидат је обављао праксу у више наврата у периоду од 2016-2020. године на површинским коповима РБ Колубара, у служби машинског одржавања. Током маја, 2017. године кандидат је посетио руднике са подземном експлоатацијом у Словачкој.

Кандидат је учествовао у програму *Erasmus*, одржавши предавање на Универзитету у Леобену у мају 2019. године на тему „*Optimizing the organization of resources and the cost of auxiliary mechanization in order to increase the utilization of waste and coal systems of Electric Power Industry of Serbia surface mines*“.

Кандидат је научно-истраживачки рад фокусирао ка поузданости и инжењерству одржавања техничких система.

1.3 Списак објављених научних и стручних радова

Кандидат је у протеклом периоду као аутор или коаутор објавио радова, и то 1 рад из категорије M21a, 1 рад из категорије M22, 1 рад из категорије M24, 13 радова из категорије M33, 3 рада из категорије M52 и 9 радова из категорије M63. Списак поменутих радова дат је у наставку респективно.

Категорија M20 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја

M21a – Рад штампан у међународном часопису изузетне вредности

1. **Miletić, F.**, Jovančić P., Milovančević M., Ignjatović D. (2020), Adaptive neuro-fuzzy prediction of operation of the bucket wheel drive based on wear of cutting elements, JOURNAL ADVANCES IN ENGINEERING SOFTWARE, 146 (2020) 102824

M22 – Рад штампан у истакнутом међународном часопису

2. Cebasek, V., Rupar, V., Djenadic, S., & **Miletic, F.** (2021). Cutting Resistance Laboratory Testing Methodology for Underwater Coal Mining, *Minerals*, 11(6), 564.
doi: 10.3390/min11060564

M24 – Рад у националном часопису међународног значаја

3. **Miletić, F.**, Jovančić P., & Djenadic, S., (2018). Behavior determining of bucket wheel drive depending on the wear impact of cutting elements, 22th Conference on Fracture, „Loading and Enviromental effects on Structural Integrity“ DOI: 10.1016/j.prostr.2018.12.345

Категорија M30 – Зборници међународних научних скупова

M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини

4. Ignjatović, D., Jovančić, P., Janković, I., Đenadić, S., & **Miletić F.** (2017). *Analiza trenda tehničke raspoloživosti buldozera na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije.*

- Zbornik radova, VII Međunarodna konferencija Ugalj, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 11-14. oktobar, s. 101-110. ISBN 978-86-83497-24-9;
5. Đenadić, S., **Miletić, F.**, Jovančić, P., Janković, I., & Lazić, M. (2018). *Analitičko Hijerarhijski Proces primenjen za selekciju hidrauličnih bagera na površinskim kopovima*. Zbornik radova, VIII Međunarodna konferencija OMC 2018, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 17-20 oktobar, s.14-22. ISBN 978-86-83497-25-6;
 6. **Miletić, F.**, Đenadić, S., Jovančić, P., Novaković, D., & Vasiljević, B. (2018). *Utvrdjivanje ponašanja pogona rotornog točka u zavisnosti od uticaja pohabanosti reznih elemenata*. Zbornik radova, VIII Međunarodna konferencija OMC 2018, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 17-20 oktobar, s. 175-185. ISBN 978-86-83497-25-6;
 7. Lazić, M., Vasiljević, B., **Miletić, F.**, Đenadić, S. (2018). *Sanacija radnih etaža na površinskom kopu krečnjaka Slovac – analiza faktora sigurnosti etaža završne kosine*. Zbornik radova, VIII Međunarodna konferencija OMC 2018, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 17-20 oktobar, s. 106-114. ISBN 978-86-83497-25-6;
 8. Đenadić, S., Damjanović, V., Jovančić, P., Ignjatović, D., Jovković, D., & **Miletić, F.** (2019). *Primena termografije u rudarstvu*. Zbornik radova, IX Međunarodna konferencija Ugalj, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 23-26. oktobar, s. 57-66. ISBN 978-86-83497-24-9;
 9. **Miletić, F.**, Polovina N., Tanasijević M., Jovančić P., Bugarić U. *Pouzdanost ležajeva u sklopu sloga transportera sa gumenom trakom*, Zbornik radova, IX Međunarodna konferencija Ugalj, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 23-26. oktobar, ISBN 978-86-83497-24-9;
 10. **Miletić, F.**, Lazić, M., Simić, B., Radojičić, R., Đenadić, S., & Rupar, V. (2019). *Efektivnost rada rudarskih sistema na površinskom kopu „Polje G”*. Zbornik radova, IX Međunarodna konferencija Ugalj, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 23-26. oktobar, s. 145-156. ISBN 978-86-83497-24-9;
 11. Jovančić, P., Ignjatović, D., Đenadić, S., **Miletić, F.**, Todorović, G., & Novaković, D. (2020). *Izbor rotornog bagera za proces revitalizacije: primer rotornih bagera SRs1200 u rudarskom basenu Kolubara*. Zbornik radova, XIV Međunarodna konferencija OMC 2020, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 14-17. oktobar, s. 9-17. ISBN 978-86-83497-27-0;
 12. **Miletić F.**, Milčić D., Tanasijević M., Milovančević M., (2021). *Analiza pouzdanosti dozera angažovanih na površinskim kopovima RB Kolubara*, X Međunarodna konferencija Ugalj 2021, 13-16. oktobra, Zlatibor, Srbija; pp 88-96, ISBN 978-86-83497-28-7;
 13. Lazić M., **Miletić F.**, Lekić M., Rupar V., Petrović Ž., Žujović L., (2021). *Eksploatacioni učinci ugljenih sistema na površinskom kopu Tamnava–Zapadno polje*, X Međunarodna konferencija Ugalj 2021, 13-16. oktobra, Zlatibor, Srbija; pp 65-73, ISBN 978-86-83497-28-7
 14. Đenadić S., Jovančić P., Ignjatović D., Tanasijević M., **Miletić F.**, Effectiveness analysis of different bucket-wheel excavators, 8th International Conference MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION 22–25th September 2021, SERBIA; pp 239-249, ISBN 978-86-7352-372-9
 15. Pavlović N., Janković I., Urošević K., **Miletić F.**, Šubaranović T. Technical solution of reclamation of external western landfill at Čeramide surface mining of dacite, 8th

International Conference MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION 22–25th September 2021, SERBIA; ISBN 978-86-7352-372-9;

16. Lazić M., **Miletić F.**, Novaković D., Đenadić S., Rupar V., (2019). *Ocena efikasnosti rada bagera SRs2000.32/5+VR angažovanih na površinskim kopovima „Tamnava Zapad“ i „Drmno“ primenom metoda višekriterijumskog odlučivanja*, Zbornik radova, IX Međunarodna konferencija Ugalj, Jugoslovenski komitet za površinsku eksploataciju, Zlatibor, 23-26. oktobar, ISBN 978-86-83497-24-9;

Kategorija M50 - Часописи националног значаја

M52 - Рад у истакнутом часопису националног значаја

17. Đenadić, S., Jovančić, P., Ignjatović, D., **Miletić, F.**, & Janković, I. (2019). *Analiza primene višekriterijumskih metoda u optimizaciji izbora hidrauličnih bagera na površinskim kopovima uglja*. Tehnika, 3, s. 369-377. doi: 10.5937/tehnika1903369D;
18. **Miletić, F.**, Lazić, M., Đenadić, S., Jovančić, P., & Ignjatović, D. (2019). *Analiza efikasnosti rada rotornih bagera SRs2000.32/5+VR angažovanih na površinskim kopovima Elektroprivrede Srbije*. Tehnika, 6, s. 795-803. doi: 10.5937/tehnika1906795M;
19. **Miletić, F.**, Tanasijević M., Ignjatović D., Polovina N., (2020). *Creating of gearboxes range models on the basis of technical characteristics and its verification through practical application to mining mechanization*, Tehnika, 6, s. 711-716 DOI: 10.5937/tehnika2006711M

Kategorija M60 – Зборници скупова националног значаја

M61 – Предавање по позиву са националног скупа штампано у целини

20. Jovančić, P., Ignjatović, D., Đenadić, S., & **Miletić, F.** (2018). *Koncept revitalizacije pogona rotornog točka bagera u uslovima površinskih kopova lignita Srbije*. Zbornik radova, IX simpozijum sa međunarodnim učešćem „Rudarstvo 2018“, Privredna komora Srbije, Vrnjačka Banja, 22-24. maj, s. 91-99. ISBN 978-86-80420-17-2;

M63 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

21. Đenadić S., **Miletić F.**, Kovač, A., & Ivanović, J. (2018). *Metodologija ocenjivanja parametara dozerske mehanizacije u RB Kolubara*. Zbornik radova, VI savetovanje sa međunarodnim učešćem „Energetika i rudarstvo 2018“, Privredna komora Srbije, Sremski Karlovci, 28-30. mart, s. 274-283. ISBN 978-86-80420-16-5;
22. Kovač, A., Đenadić, S., **Miletić, F.**, & Ivanović, J. (2018). *Ispitivanje i dijagnostika čeličnih užadi na rotornim bagerima*. Zbornik radova, VI savetovanje sa međunarodnim učešćem „Energetika i rudarstvo 2018“, Privredna komora Srbije, Sremski Karlovci, 28-30. mart, s. 265-273. ISBN 978-86-80420-16-5;
23. Ivanović, J., Đenadić, S., **Miletić, F.**, & Kovač, A. (2018). *Primena nove generacije dizel motora u mašinama pomoćne rudarske mehanizacije*. Zbornik radova, VI savetovanje sa međunarodnim učešćem „Energetika i rudarstvo 2018“, Privredna komora Srbije, Sremski Karlovci, 28-30. mart, s. 257-264. ISBN 978-86-80420-16-5;

24. **Miletić, F.**, Đenadić, S., Kovač, A., & Ivanović, J. (2018). *Analiza emisije štetnih gasova pomoćne mehanizacije na površinskim kopovima RB Kolubara*. Zbornik radova, VI savetovanje sa međunarodnim učešćem „Energetika i rudarstvo 2018“, Privredna komora Srbije, Sremski Karlovci, 28-30. mart. s. 284-293. ISBN 978-86-80420-16-5;
25. Lazić, M., Đenadić, S., & **Miletić, F.** (2018). *Analiza tehničkih karakteristika mobilne drobilice Mobicat MC125 ZS Kleemann na površinskom kopu krečnjaka*. Zbornik radova, IX simpozijum sa međunarodnim učešćem „Rudarstvo 2018“, Privredna komora Srbije, Vrnjačka Banja, 22-24. maj, s. 178-188. ISBN 978-86-80420-17-2;
26. Lazić, M., Jelenić, I., **Miletić, F.**, & Đenadić, S. (2019). *Tehnička ocena opravdanosti investiranja za nabavku osnovne otkopne mehanizacije i ocena efikasnosti rada bagera Liebherr u diskontinualnim sistemima površinske eksploatacije krečnjaka*. Zbornik radova, X Simpozijum sa međunarodnim učešćem „Rudarstvo 2019“, Privredna komora Srbije, Bor, 28-31. maj, s. 198-214. ISBN 978-86-80420-22-6;
27. Jovančić, P., Đenadić, S., Todorović, G., Novaković, D., & **Miletić, F.** (2020). *Strateško odlučivanje pri izboru novih rotornih bagera za površinske kopove lignita: primer rudarskog basena Kolubara*. Zbornik radova, XI Simpozijum sa međunarodnim učešćem „Rudarstvo 2020“, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina i Privredna komora Srbije, Vrnjačka Banja, 8-11. septembar, s. 15-24. ISBN 978-86-82867-28-9;
28. Lazić M., Rupar V., **Miletić F.**, (2020). *Studija slučaja povećanog specifičnog otpora materijala na kopanje jalovinskih sistema površinske eksploatacije – Analiza troškova proizvodnje usled loma reznih elemenata*, XI Simpozijum sa međunarodnim učešćem „Rudarstvo 2020“, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina i Privredna komora Srbije, Vrnjačka Banja, 8-11. septembar, s.250-262. 15-24. ISBN 978-86-82867-28-9.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1 Предмет истраживања

Континуална површинска експлоатација минералних сировина изводи се путем БТО система (багер – транспортер са гуменом траком – одлагач) и БТД (багер – транспортер са гуменом траком – дробилана/депонија) система. Основна улога ових система је откопавање, транспорт и депоновање/одлагање угља или јаловине. Примарну улогу у систему има роторни багер који представља највећу самоходну машину у индустрији.

Предмет истраживања представља роторни багер SRs2000.32/5+VR који је ангажован на откопавању јаловине на површинском копу Тамнава–Западно поље.

Са аспекта технолошких могућности представља једну од најзначајних откопних машина у Електропривреди Србије. За потребе израде докторске дисертације врше се *in situ* мерења за различита стања резних елемената.

Мерења се изводе у реалним условима рада багера у оквиру БТО система, откопавањем вертикалним резovima са задатим параметрима одреска. Треба истаћи да утврђени микротехнолошки параметри блока морају бити исти код свих мерења, како би се урадила компаративна анализа похабаности, потрошње енергије и амплитуде брзине вибрација, што представља циљ докторске дисертације. Да би се дошло до параметара одреска, користе се инструменти на багеру, који су у функцији микротехнолошких параметара блока: утврђивање висине подетаже, утврђивање наступа багера (дебљине

реза), утврђивање брзине кружног кретања (заокретања горње градње) и утврђивање углаоног положаја стреле роторног точка (мерено од подужне осе багера).

Уређај са којим се мере вибрације је SKF Microlog CMXA80 при чему се анализе врше у наменски пројектованом софтверу SKF @ptitude Analyst for Microlog. Мерења се изводе на кућишту редуктора погона за копање на месту улазног вратила и то у аксијалном правцу (подужно), хоризонталном правцу (попречно на улазно вратило) и вертикалном правцу (управно на улазно вратило).

За утврђивање похабаности резних елемената примењује се ручни мерни алат. Номинална мера новог зуба износи 200 mm. Гранична вредност када се зуб мења је 100 mm, што одговара максималној похабаности.

Радни орган роторног багера карактерише континуалан рад. Радни орган је роторни точак на коме се налазе ведрице чији број зависи од пречника и броја обртаја роторног точка и задатог капацитета. По ободу ножа сваке ведрице налазе се зуби који су једини у контакту са масивом који се откопава. Рад сваке ведрице има периодичан карактер. Континуалност процеса условљава постојање одређеног броја ведрица, које непрекидно смењују једна другу у захвату материјала. Радни елемент се при пролазу кроз материјал креће по резултанти ободне брзине. Применом зуба расположива сила резања се концентрише на малу дужину резања и на тај начин се олакшава продирање ведрице у материјал.

Последица рада зуба је његово хабање, које у зависности од материјала који се откопава, може бити абнормално. Тиме се индукује брза промена геометрије зуба (рад у песку). При откопавању, роторни точак се окреће око своје осе, уз истовремено окретање роторне стреле око вертикалне осе багера.

2.2 Циљ истраживања

Основни циљ истраживања је креирање аналитичког модела који ће дефинисати међусобну зависност специфичне потрошње енергије, амплитуде брзине вибрација и похабаности резних елемената. Други бенефит представља корективни утицај на вредности брзине вибрација (њене амплитуде) при оцењивању стања машине. У првом реду то се односи на стандард DIN ISO 10816-3 који је по правилу применљив за погонске групе. Методологија је заснована на две врсте мерења одређених величина.

Прво је мерење потрошње електричне енергије при радном технолошком процесу, а друго је мерење вибрација које се приказује преко амплитуда брзина. Постоји међусобни утицај између ова два процеса.

Повећањем потрошње електричне енергије, повећава се вредност амплитуда брзине вибрација. За пример који доказује исправност дате методологије, узет је процес рада габаритно највеће производне машине на свету – роторног багера.

Измерене стварне вредности брзине вибрација могу да дефинишу граничне вредности, које се могу користити као „аларм“ за предузимање одговарајућих активности на машини. Поменуте вредности брзине вибрација могу се кориговати у зависности од стања резних елемената. Све изнето за крајњи исход има креирање оптималног вибродијагностичког приступа праћења стања и понашања погона за копање у односу на похабаност резних елемената, чиме се ствара велики простор за повећање енергетске ефикасности, имајући у виду милионску производњу роторних багера.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Истраживање које ће бити обављено писањем ове дисертације заснива се на неколико полазних поставки и ставова које треба доказати.

- Стање резних елемената роторног багера утиче на потрошњу електричне енергије и амплитуду брзине вибрација
- Оба анализирана феномена (потрошња електричне енергије и амплитуда брзине вибрација) представљају вид енергије. Роторни багери имају милионску производњу, па се развојем одговарајућег аналитичког модела зависности потрошње електричне енергије и амплитуде брзина вибрација може створити простор за знатне уштеде у сектору енергетике
- Потребно је доказати да се са повећањем похабаности резних елемената тренд потрошње електричне енергије и амплитуде брзине вибрација мења и прелази из линеарног у експоненцијални или неки други тренд. На тај начин би се потврдио утицај стања резних елемената на рад погона за копање роторног багера
- Стање резних елемената одређује групу вибрација у којој се машина може наћи према DIN ISO 10816-3 стандарду. Полазна хипотеза је да се машина из „више групе“ вредности амплитуде вибрација (C,D група) може превести у „нижу“ (A,B група) благовременом заменом резних елемената

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији ће бити коришћене следеће научне методе:

- статистичка обрада резултата мерења, анализа и обрада дијаграма потрошње струје, подела дијаграма на одговарајуће сегменте и читавање вршних, минималних и средњих пикова струје коју багер повлачи из мреже за дефинисане параметре блока.
- примена ватметарске методе за одређивање специфичне потрошње енергије (директно мерење параметара струје за погон роторног точка и погон окрета горње градње)
- вибродијагностичка метода за анализу нивоа вибрација (амплитуда брзине), користећи основне постулате из теорије осцилација
- примена метода регресије за дефинисање међусобне зависности специфичне потрошње енергије, амплитуде брзине вибрација и похабаности резних елемената

Током израде дисертације, у складу са потребама истраживања, биће коришћене и друге научне методе.

4.1 План истраживања и структура рада

План истраживања докторске дисертације биће разрађен кроз неколико фаза:

- Анализа доступне литературе, класификација и селекција одабраних литературних извора, приказ досадашњих научних сазнања
- Вршење *in situ* мерења на објекту истраживања (роторни багер SRs.2000.32/5+VR) за различита стања резних елемената;
- Прикупљање и статистичка обрада резултата мерења струје и амплитуде брзине вибрација;

- Креирање аналитичког модела зависности потрошње електричне енергије, амплитуде брзине вибрација и похабаности резних елемената;
- Истраживање ће за резултат имати објављивање одговарајућих радова из области из које ће бити написана докторска дисертација.

Оквирни садржај докторске дисертације је следећи:

1. Уводна разматрања (Увод, предмет и циљ истраживања, полазне хипотезе, примењене методе истраживања)
2. Преглед литературе, приказ светских и домаћих искустава и трендова истраживања.
3. Динамичко понашање роторног багера при процесу откопавања
 - конструктивне изведбе багера
 - условљеност технолошких параметара
 - динамика процеса откопавања материјала
4. Утицај резних елемената роторног багера на понашање структура
 - геометрија, материјал, позиција резних елемената
 - процес хабања резних елемената
 - специфична потрошња енергије услед похабаности резних елемената
5. Концепт вибродиагностике у процени стања и понашања динамичког система
 - опште о вибрацијама
 - анализа фреквенција и амплитуда – одређивање нивоа вибрација
 - узроци вибрација на роторном багеру
 - дијагностички вибрациони параметри и норме за одређивање тренутног стања – примена ISO стандарда
6. Методолошки приступ изради модела опажања динамичког система
 - погони велике снаге – роторни точак односно погон копања
 - корелација између похабаности резних елемената, специфичне потрошње енергије и нивоа вибрација (амплитуде)
6. Експериментална истраживања и доказ исправности методолошког приступа
 - мерења ангажоване струје за процес копања и амплитуде брзине вибрација
 - дефинисање објекта мерења
 - више итерација мерења за различите параметре (промена дебљине одреска (наступа багера), при константној висини подетаже и брзини окрета горње градње)
 - постављање зависности између мерених величина (специфичне потрошње енергије, амплитуде брзине вибрација и похабаности резних елемената)
 - доказ исправности методолошког приступа
 - утицај на стандард ISO (препоруча коришћења)
7. Закључна разматрања и дискусија
8. Литература

5. ОЧЕКИВАНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

Тема докторске дисертације обухвата истраживање и анализирање актуелне проблематике из области експлоатације и одржавања роторних багера. Поред тога, дисертација је наслоњена и на мерење параметара потрошње енергије при процесу откопавања, на мерење нивоа вибрација са релевантним уређајем и адекватном софтверском подршком, као и на мерење похабаности резних елемената (корекција укупног угла клина/зуба, угла резања, леђне и грудне површине итд.).

Дисертација представља нови методолошки приступ, где се први пут код оваквих мерења на роторним багерима уводи међусобна веза између потрошње електричне енергије и амплитуде брзине вибрација, зависно од стања резних елемената.

Још један напредак у односу на досадашња научна достигнућа из области инжењерства одржавања техничких система представља давање математички и експериментално доказане препоруке свим истраживачима и радницима ангажованим на одржавању основне рударске механизације, да се приликом извођења *in situ* мерења не сме занемарити стање резних елемената. Тачније, да се у односу на стање резних елемената у тренутку извођења мерења, оквирно може предвидети специфична потрошња енергије и амплитуда брзине вибрација.

Имплементирана нова методологија драстично би продужила животни век резног елемента, што је додатни научни допринос. Из свега изнетог долази се до закључка да се креирањем одговарајућег аналитичког модела прави велики искорак у односу на постојећа научна знања у свету и код нас.

6. СПИСАК РЕЛЕВАНТНИХ БИБЛИОГРАФСКИХ ЈЕДИНИЦА

У наставку је дата оквирна листа библиографских јединица које ће бити коришћене приликом израде докторске дисертације:

- [1] Miletic F., Jovančić P., Milovančević M., Ignjatović D., (2020). Adaptive neuro-fuzzy prediction of operation of the bucket wheel drive based on wear of cutting elements, Journal Advances in Engineering Software, 146 (2020) 102824.
- [2] Miletic F., Jovančić P., Đenadić S. (2018). Behavior Determining of Bucket Wheel Drive Depending on the Wear Impact of the Cutting Elements – Procedia Structural Integrity Volume 13, Pages 1644-1650.
- [3] International standard ISO10816-3, Industrial machines with nominal power above 15 kW and nominal speeds between 120 r/min and 15000 r/min when measured in site, First Edition 1998-05-15, ISO, Switzerland, (1998).
- [4] Brinas I., Andras A., Radu M.S., Popescu D.F., Andras I., Marc B.I., Cioclu A.R. (2021). Determining of the Bucket Wheel Drive by Computer Modeling Based on Specific Energy Consumption and Cutting Geometry, Energies, 14, <https://doi.org/10.3390/en14133892>.
- [5] Gnjatovic, N., Bosnjak, S., & Milenovic I. (2020). The influence of incrustation and chute blockage on the dynamic behaviour of a bucket wheel excavator slewing superstructure. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 58(3), pp. 573-584.
- [6] Bošnjak S., Savičević S., Gnjatović N., Milenović I., Pantelić M.: Disaster of the bucket wheel excavator caused by extreme environmental impact: Consequences, rescue and reconstruction, - Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, Vol 56, 2015, pp. 360-374.

- [7] Arsić M., Bošnjak S., Zrnić N., Sedmak A., Gnjatović N.: Bucket Wheel Failure caused by residual Stresses in welded Joints, - Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, Vol. 18, issue 2, 2011, pp. 700-712.
- [8] Rakin M., Arsić M., Bošnjak S., Gnjatović N., Medo B.: Integrity Assessment of Bucket Wheel Excavator Welded Structures by Using the Single Selection Method, - Tehnički Vjesnik, Technical Gazette, ISSN 1330-3651, Vol. 20, issue 5, 2013, pp. 811-816.
- [9] Bošnjak S., Petković Z., Simonović A., Zrnić N., Gnjatović N.: 'Designing – in' Failures and Redesign of Bucket Wheel Excavator Undercarriage, - Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, Vol. 35, 2013, pp. 95-103.
- [10] Bošnjak S., Petković Z., Zrnić N., Dragović B., Gnjatović N.: Comparative Stress Analysis The Basis of efficient Redesign of the Bucket Wheel Excavators Substructures, - Proceedings of the 9th International Conference Research and Development in Mechanical Industry RaDMI 2009, Vrnjačka Banja, 2009., pp. 15-25.
- [11] Rusiński, E., Czmochoowski, J., Moczko, P., & Pietrusiak, D. (2017). Surface Mining Machines - Problems of Maintenance and Modernization. Springer International Publishing AG, Cham.
- [12] Rusiński, E., Harnatkiewicz, P., Kowalczyk, M., & Moczko, P. (2010). Examination of the causes of a bucket wheel fracture in a bucket wheel excavator. Engine Failure Analysis, 17(6), pp. 1300–1312.
- [13] Jablonski A., Barszcz T. (2013). Validation of vibration measurements for heavy duty machinery diagnostics – Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 18, Issue 1, Pages 248-263.
- [14] Więckowski J.S., Petrusiak D., Rafajłowicz W. (2020). Low frequency vibration in Heavy Machinery – preliminary identification and control, PROCEEDINGS OF ISMA2020 AND USD 2020.
- [15] Więckowski J.S., Rafajłowicz W., Moczko P., Rafajłowicz E. (2021). Data from vibration vibration measurement in a bucket wheel excavator operators cabin with the aim of vibrations dumping, Data in Brief 35 (2021), 106836.
- [16] Jovančić P. (2007). Dijagnostika ponašanja pogonskih grupa na rotornom bageru u cilju njihove revitalizacije, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [17] Gnjatović N. (2016). Uticaj konstrukcionih parametara u parametara pobude na odziv dvoportalnog rotornog bagera u vanrezonancijskoj oblasti, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd.
- [18] Jakovljević I. (2008). Određivanje optimalnih parametara odreska rotornih bagera u funkciji otpora na kopanje, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [19] Bošković S. (2016). Optimizacija parametara reza rotornog bagera pri otkopavanju materijala sa povećanom čvrstoćom, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [20] Ignjatović D. (1993). Izbor metode za određivanje otpora na kopanje rotornim bagerima u uslovima površinskih kopova lignita Kolubare, Magistarski rad, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [21] Mavrinac, M.; Bilić, L. (2010). Correlation and Linear Regression; Medicinska Naklada: Zagreb, Croatia.
- [22] Regresiona analiza (2009) <http://vtsns.edu.rs/wp-content/uploads/2017/12/Regresija.pdf>

- [23] Jakovljević I., Stepanović S., Šubaranović T., „Logistic approach to investigation of slice thickness-height ratio effects on excavation resistance of bucket wheel excavator” – The international Journal of Transport & Logistics.
- [24] Jovančić P., Ignjatović D., Tanasijević M., Maneski T. (2014). Vibration as a technical condition parameter of a dynamic system: Examples for the bucket wheel drive of bucket wheel excavator – OMC.
- [25] Damjanović V., Jovančić P., Aleksandrović S. (2017). Extensive vibrations of the belt conveyor drive electromotor of a bucket wheel excavator as a result of intensified wear-and-tear of its mount support, JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Vol. 19 (1), pp. 214-222. DOI: 10.21595/jve.2016.17321, ISSN 1392-8716.
- [26] Bošković, S., Jovančić P., Ignjatović D., Rakićević B., Maneski T. (2015). Vibration as deciding parameter during revitalization process for replacing the bucket wheel drive, JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Vol. 17 (1), pp. 24-32, ISSN 1392-8716.
- [27] Damjanović V., Jovančić P. (2014). Validation of bucket wheel drive component model through vibration monitoring: A torque arm key study, JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Vol. 16 (3), pp. 1212-1218, ISSN 1392-8716.
- [28] Brkić Aleksandar DJ, Maneski Tasko, Ignjatovic Dragan, Jovancic Predrag D., Spasojevic-Brkić Vesna K. (2014). Diagnostics of Bucket Wheel Excavator Discharge Boom Dynamic Performance and Its Reconstruction, JOURNAL OF MAINTENANCE AND RELIABILITY (Eksplotacja i Niezawodność), Vol. 16 (2) (2014), pp. 188-197, ISSN 1507-2711.
- [29] Jovančić P., Čelović Š., Ignjatović D., Maneski T. (2013). 'Redesigning components of power transmission according to numerical model and vibration diagnostics', JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Vol. 15 (3), pp. 1322-1329, ISSN 1392-8716.
- [30] Elkhatib A., (2007). Energy consumption and machinery vibrations” – 14th International Congress on Sound & Vibration, ICSV14, Cairns, Australia.
- [31] Chinchusak N., Pannawan A. (2017). Investigation of Relationship between Mechanical Vibration and Energy Consumption of an Induction Motor – The Journal of Industrial Technology, Vol. 13, No.3.
- [32] Atmaca A., Atmaca N. (2016). Determination of correlation between specific energy consumption and vibration of a raw mill in cement industry – Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering; DOI: 10.18038/btda.11251.
- [33] Chuangwen Xu, Jianming Dou, Yuzhen Chai, Huaiyuan Li, Zhicheng Shi, Jing Xu (2018). The relationship between cutting parameters, tool wear, cutting force and vibration, Advances in Mechanical Engineering, Vol. 10 (1) 1-14.
- [34] Dalpiaz G., Rivola A., Rubini R. (2000). Effectiveness and sensitivity of vibration processing techniques for local fault detection in gears – Mechanical Systems and Signal Processing, Volume 14, Issues 3.
- [35] Gottvald J., (2010). The calculation and measurement of the natural frequencies of the bucket wheel excavator SchRs 1320/4x30 – Transport, Volume 25, Issue 3.
- [36] Kritskii Dmitri U., Pantelik M., Pobegailo Petr A., Gadolina Irina V., Papić L. (2019). Refinement of the formula for assessing the wear rate of excavator teeth” – Inżynieria Powierzchni.

- [37] Meena A., Mansori M., (2013). Specific cutting force, tool wear and chip morphology characteristics during dry drilling of austempered ductile iron (ADI) – The International Journal of Advanced Manufacturing Technology volume 69, pages 2833–2841.
- [38] Yuan C., Li T. (2013). Numerical Modeling of Specific Energy Consumption in Machining Process”– International Manufacturing Science and Engineering Conference.
- [39] Zhou L., Li J., Li F., Meng Q., Li J., Xu X. (2016). Energy consumption model and energy efficiency of machine tools: a comprehensive literature review” – Journal of Cleaner Production, Volume 112, Part 5, Pages 3721-3734.
- [40] Carvalho H., Gomes O., Schmidt A., Brandao V. (2015). Vibration analysis and energy efficiency in interrupted face milling processes – The 22nd CIRP Conference on Life Cycle Engineering.
- [41] Ивковић, С., Игњатовић, Д., Јованчић, П., Танасијевић, М. (2008). Пројектовање одржавања опреме површинских копова угља. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [42] Ивковић, С. (1997). Откази елемената рударских машина. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [43] Зеленовић, Д., & Станивуковић, Д. (1979). Поузданост система. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад.
- [44] Танасијевић М., Ивковић С., (2020). Машински елементи, Скрипта, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [45] Танасијевић М., Бугарић У., (2020). Поузданост техничких система, Скрипта, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет; Машински факултет, Београд.
- [46] Јованчић, П. (2020). Техничка дијагностика. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [47] Јованчић, П. (2014). Одржавање рударских машина, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- [48] Тодоровић, Ј. (1993). Инжењерство одржавања техничких система. Југословенско друштво за моторе и возила, Београд.
- [49] Ignjatović, D. (2013). Rudarske mašine. Skripta, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [50] Ignjatović, D. (2017). Mašine za površinsku eksploataciju. Skripta, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- [51] Rašković, D., (1965). Teorija oscilacija, Naučna knjiga Beograd.
- [52] Volkov, D. (1979). Dinamika i čvrstoća bagera glodara i odlagača, prevod, Rudarski institut, Beograd.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега изнетог у Извештају, чланови Комисије сматрају да кандидат Филип Милетић, мастер инжењер рударства и мастер инжењер машинства испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању за одобрење израде предметне докторске дисертације.

На основу прегледаног материјала из Пријаве докторске дисертације, на основу увида у досадашње резултате постигнуте на докторским академским студијама и на основу одбране предложене теме (записник у прилогу), чланови Комисије констатују да је предложена тема докторске дисертације под називом „Утицај похабаности резних елемената роторног багера на ниво вибрација погона за копање“ научно заснована.

Због комплексности теме, Комисија предлаже да ментори буду редовни професори Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду: проф. др Милош Танасијевић и проф. др Предраг Јованчић.

У Београду, 23.02.2022.

Чланови Комисије:

др Милош Танасијевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Предраг Јованчић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Драган Игњатовић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Милош Милованчевић, ванредни професор,
Универзитет у Нишу, Машински факултет

др Небојша Гњатовић, доцент,
Универзитет у Београду, Машински факултет