

ИЗБОРНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат Комисије о пријављеним кандидатима на конкурс за избор једног сарадника у звању асистента на одређено време од 3 године са пуним радним временом за ужу научну област производно машинство

На основу одлуке Изборног већа Универзитета у Београду – Машинског факултета број 702/3 од 16.5.2024. године, а по објављеном конкурс за избор једног асистента на одређено време од 3 године са пуним радним временом за ужу научну област производно машинство, именовани смо за чланове Комисије за подношење реферата о пријављеним кандидатима.

На конкурс који је објављен у листу Послови број 1094 од 29.05.2024. године пријавио се један кандидат и то Никола Воркапић, маг. инж. маш., асистент Универзитета у Београду – Машинског факултета.

На основу прегледа достављене документације и разговора са кандидатом подносимо следећи

РЕФЕРАТ

А. Биографски подаци

Никола Воркапић рођен је 00.00.0000. године у 00000000. Основну школу „Светислав Голубовић Митраљета“ у Батајници завршио је 2007 године са одличним успехом. Исте године уписује средњу машинску школу „Политехника – школа за нове технологије“ у Београду, усмерење машински техничар за компјутерско конструисање, коју је завршио као ученик генерације са одличним успехом.

Школске 2011/12. године уписао је Основне академске студије Машинско инжењерство на Универзитету у Београду – Машинском факултету и завршио их је 2014. године са просечном оценом 8,42. Завршни рад на тему: „Моделирање и пројектовање технологије за израду машинске стеге са три степена слободе на бази софтверског пакета Pro/ENGINEER“, “из предмета CAD/CAM системи положио је код проф. др Радована Пузовића, добивши оцену 10.

Од школске 2014/15. године на Универзитету у Београду – Машинском факултету похађао је Мастер академске студије Машинско инжењерство - модул производно машинство, које је

завршио са просечном оценом 9,30. Мастер рад на тему: „Анализа и синтеза трокомпонентног динамометра за мерење отпора резања при обради стругањем“, радио је из предмета Машине алатке М под менторством проф. др Бранка Кокотовића и одбранио га је 29.09.2017. године са оценом 10. Током студија је за постигнут успех похваљен од стране Машинског факултета поводом Дана Факултета.

Школске 2017/2018. године уписао је Докторске академске студије Машинско инжењерство на Универзитету у Београду – Машинском факултету (број индекса Д10/17), где је положио све испите са просечном оценом 9,93 (девет и 93/100). Кандидат је од 27.04.2018. године изабран у звање истраживач приправник, одлуком бр. 192/5 Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду. Под менторством проф. др Саше Живановића ради на изради докторске дисертације под насловом: „Предикција и детекција подрхтавања у обрадном систему“.

Током мастер студија кандидат је био члан формула студент тима „Друмска стрела“. Од јануара 2017. до јануара 2018. године кандидат је био ангажован у компанији ЕДеПро на пословима пројектовања, израде и монтаже делова и подсклопова на беспилотном хеликоптеру „Стршљен“. Од јануара 2018. године кандидат је био ангажован у компанији Promaschinen d.o.o. на пословима пројектовања и израде техничке документације текућих пројеката и послова компаније.

У октобру 2018. године засновао је радни однос на Универзитету у Београду – Машинском факултету, где је 12.10.2018. први пут, а затим и 13.10.2021. други пут изабран у звање асистента за ужу научну област производно машинство. Кандидат је од октобра 2021. до октобра 2023. године био ангажован као асистент за извођење лабораторијских и аудиторних вежби на Војној академији на предмету Технологија машиноградње.

Поседује активно знање енглеског језика и возачку дозволу Б категорије. У свакодневном раду користи значајан број софтвера и програмских језика међу којима се могу издвојити MS Office (Word, Excel, Visio, Power Point), Auto CAD, Autodesk Inventor, Pro/ENGINEER - PTC Creo, Solid works, Catia, AlphaCAM, Vericut, STEP-NC Machine, Deskproto, Matlab, LabView, Latex.

A.1 Учешће на пројектима

У досадашњем раду учествовао је на четири домаћа научно-истраживачка пројекта у оквиру Катедре за производно машинство и ЛОЛА института:

- [1] Пројекат технолошког развоја финансиран од МНТР Републике Србије, за период од 2011. до 2014. са продужетком до краја 2019. године, *Развој нове генерације домаћих обрадних система, TP-35022*. Руководилац пројекта: проф др Љубодраг Тановић.
- [2] Пројекат технолошког развоја финансиран од МНТР Републике Србије, за период од 01.01. 2020. до 31.12.2020. под насловом „*Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства*“ – *подпројекат TP-35022 Развој нове генерације домаћих обрадних система*, према уговору о реализацији и финансирању научноистраживачког рада НИО у 2020 (ев. бр. 451-03-68/2020-14/200105, руководилац пројекта проф. др Радивоје Митровић), у 2021. години (ев. бр. 451-03-9/2021-14/200105, руководилац пројекта проф. др Владимир Поповић), у 2022. години (ев. бр. 451-03-68/2022-14/200105, руководилац пројекта проф. др Владимир Поповић), у 2023. години (ев. бр. 451-03-47/2023-01/200105, руководилац пројекта проф. др Владимир Поповић) и у 2024. години (ев. бр. 451-03-65/2024-03/200105, руководилац пројекта проф. др Владимир Поповић).

[3] Пројекат у оквиру програма Доказ концепта, Фонда за иновациону делатност Републике Србије, за период од 09.9.2020 до 09.9.2021. под насловом “*Мултифункционална десктоп машина за брзу израду прототипова – МУЛТИПРОДЕСК*”, број пројекта 5893, према уговору о финансирању Фонда за иновациону делатност и ЛОЛА института, бр 149 од 09.9.2020. Руководилац пројекта: др Зоран Димић.

[4] Пројекту у оквиру програма Трансфер технологије, за период од 14.10.2022 до 14.10.2023. под називом „*Multifunctional rapid prototyping desktop machine - MULTIPRODESK* ” (ев. бр. ТТ1129, руководилац пројекта др Зоран Димић, виши научни сарадник), према уговору о финансирању Фонда за иновациону делатност Републике Србије и ЛОЛА института, бр. 26.

А.2 Чланства у удружењима, комисијама и радним групама

Никола Воркапић је члан ЈУПИТЕР асоцијације. Био је члан Организационих одбора 42. и 43. ЈУПИТЕР конференције и члан је организационог одбора 44. ЈУПИТЕР конференције која је у припреми.

Од 2022. године члан је Одбора Синдикалне организације Машинског факултета, а од 2024. године члан је Комисије за распоред наставе на Машинском факултету.

Б. Дисертације

Кандидат није одбранио докторску дисертацију.

В. Наставна активност В.1

Педагошко искуство

У периоду од 2018. до 2024. године на Универзитету у Београду – Машинском факултету, као асистент, учествовао је у извођењу вежби из следећих предмета Катедре за производно машинство:

- Машине алатке М (МАС Машинско инжењерство), 2018-
- Машине алатке и работи нове генерације (МАС Машинско инжењерство), 2018-
- Машине алатке (ОАС Машинско инжењерство), 2018-
- Технологија машинске обраде (ОАС Машинско инжењерство), 2018-
- CAD/CAM системи (ОАС Машинско инжењерство), 2018-2023,
- Технологија бродоградње (ОАС Машинско инжењерство), 2020-
- Завршни предмет-Машине алатке (ОАС Машинско инжењерство), 2020-
- Технологија машиноградње (ОАС Информационе технологије), 2021-

Кандидат је учествовао у комисијама за оцену и одбрану 24 мастер рада на Катедри за производно машинство.

У оквиру Лабораторије за обрадне системе учествовао је у развоју и имплементацији следеће лабораторијске опреме која се користи у настави:

- ревитализацији обрадног центра ЛОЛА ХБГ 80,
- пројектовању и изради мини CNC машине алатке Polar Coaster са две транслаторне и једном вертикалном обртном осом,
- пројектовању и изради мини CNC машине алатке MULTIPRODESK са две транслаторне и једном хоризонталном обртном осом, која је патентирана као мали патент, у Заводу за интелектуалну својину, под називом „Мултифункционална и реконфигурабилна машина за брзу израду прототипова глодањем, ласерском обрадом и додавањем материјала у

поларно цилиндричним координатама“, број патента 1805,

- пројектовању и изради мини CNC машине алатке за ласерско сечење и гравирање са три трансляторне осе,
- пројектовању и изради вертикалног обрадног центра LOLA VMC4 у оквиру пројекта Трансфер технологија (ев. бр. ТТ1129). Машина је представљена на 66. Међународном сајму технике и техничких достигнућа у Београду 2024. године и награђена је Великом наградом “Корак у будућност”.
- пројектовању и изради компонената за трансляторну осу машине са хибридном кинематиком MOMA V3, на бази чега је написано и једно техничко решење,
- школске 2021/22. године је био организатор лабораторијских вежби из предмета Технологија машинске обраде.

В2. Оцена педагошког рада у студентским анкетама током протеклог изборног периода

На основу Извештаја Центра за квалитет наставе и акредитацију Машинског факултета у Београду, бр. 692/1 од 23.04.2024. године, просечна оцена студентског вредновања педагошког рада асистента Николе Воркапића за период од 2018-2024. године је **4,93**. Оцене по предметима за овај период дате су у Табели В2.1.

Табела В2.1 Оцене студентског вредновања педагошког рада по предметима за цео период

Предмет	Просечна оцена
Технологија машинске обраде (210-1528)	4,77
CAD/CAM системи (210-0664)	4,96
Машине алатке М (220-0920)	4,98
Машине алатке (210-0916)	4,92
Машине алатке и роботи нове генерације (220-1107)	4,98
Завршни предмет - машине алатке (210-0361)	5,00
Технологија бродоградње (210-0917)	4,99
Технологија машиноградње (410-7028)	4,84

Г. Библиографија научних и стручних радова

Истраживачка област Николе Воркапића обухвата машине алатке, технологију машинске обраде, CAD/CAM системе, виртуелне машине алатке и виртуелне обрадне системе, предикцију и детекцију подрхтавања у обрадном процесу. На основу резултата свог научноистраживачког рада, као аутор или коаутор, објавио је 32 рада пред широм научном и стручном јавношћу, од којих је један рад објављен у међународном часопису категорије (M23), четири рада у националном часопису међународног значаја - FME Transactions (M24), осам радова у националним часописима, док је 13 саопштено на међународним, а 6 на скуповима националног значаја. Поред тога, Никола Воркапић је аутор два техничка решења категорије M85 и једног патента категорије M92. У наредном тексту објављени радови ће бити наведени по категоријама.

Г1.1 Категорија M20

Г1.1.1 Рад у међународном часопису (M23)

- [1] **Vorkapic, N.,** Pjevic, M., Popovic, M., Slavkovic, N., Zivanovic, S., *An additive manufacturing benchmark artifact and deviation measurement method*, Journal of Mechanical Science and Technology 34 (7) (2020) doi:10.1007/s12206-020-06 –y

Г1.1.2 Рад у националном часопису међународног значаја (M24)

- [2] Kokotovic, B., **Vorkapic, N.**, *Feedrate Optimization for 2.5D Milling Operations*, FME Transactions Vol.47, No.3, pp. 613-623, 2019. doi: 10.5937/fmet1903613K
- [3] Zivanovic S., Popovic, M., **Vorkapic, N.**, Pjevic, M., Slavkovic N., *An Overview of Rapid Prototyping Technologies using Subtractive, Additive and Formative Processes*, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, FME Transactions Volume 48, No 1 (2020), pp. 246-253, ISSN 1451-2092, doi:10.5937/fmet2001246Z
- [4] **Vorkapic, N.**, Zivanovic, S., Dimic, Z., Kokotovic, B., Slavkovic, N., *Virtual Horizontal Machining Center LOLA HBG 80 for Program Verification and Monitoring*, FME Transactions, ISSN 1451-2092, ISSN: 2406-128X (online), Vol. 49, No. 3, pp. 696-703, 2021, doi:10.5937/fme2103696V
- [5] Slavkovic, N., Zivanovic, S., **Vorkapic, N.**, Dimic, Z., *Development of the Programming and Simulation System of 4-axis Robot with Hybrid Kinematic*, FME Transactions, ISSN 1451-2092, Vol. 50, No. 3, pp. 403-411, 2022. doi:10.5937/fme2203403S

Г1.2 Категорија M30

Г1.2.1 Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

- [6] Kokotović, B., **Vorkapić, N.**, *Evaluation of infeed strategies for turning of large thread profiles*, 13th International Scientific Conference mma 2018 – Flexible Technologies, Proceedings, ISBN 978-86-6022-094-5, pp. 25-28, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, Novi Sad, 28.-29. septembar 2018.
- [7] **Vorkapić, N.**, Kokotović, B., *Synthesis and analysis of the tool dynamometer for turning operations*, 13th International Scientific Conference mma 2018 – Flexible Technologies, Proceedings, ISBN 978-86-6022-094-5, pp. 99-102, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, Novi Sad, 28.-29. septembar 2018.
- [8] Zivanovic, S., Dimic, Z., **Vorkapic, N.**, Mitrovic, S., *Configuring of 3 axis mini CNC machine tool with control system based on LINUXCNC*, Proceedings of the 14th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2019, ISBN 978-99938-39-85-9, pp. 15-28, University of Banjaluka, Faculty of Mechanical Engineering, 24-25 May, 2019
- [9] Živanović, S., **Vorkapić, N.**, Dimić, Z., Slavković, N., Kokotović, B., *Development of educational mini CNC machines tools with open architecture control system*, Proceedings of the 5th international scientific conference "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications" COMETA2020, ISBN 978-99976-719-8-1, pp.68-77, University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering, East Sarajevo-Jahorina, RS, B&H, 26.-28. November 2020.
- [10] Slavković, N., **Vorkapić, N.**, Živanović, S., Dimić, Z., Kokotović, B., *Virtual Biscara robot integrated with open-architecture control system*, 14th International Scientific Conference mma 2021 – Flexible Technologies, Proceedings, ISBN 978-86-6022-364-9, pp. 63-66, University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences, Department for Production Engineering, Novi Sad, 23.-25. Septembar 2021.
- [11] Zivanovic, S., Slavkovic, N., Tabakovic, S., **Vorkapic, N.**, *Application of STEP-NC protocol for milling on machine tools that use Fanuc-Siemens-LinuxCNC control system*, Proceedings of the 38th International Conference on Production Engineering -Serbia, ICPE-S 2021, ISBN 978-86-7776-252-0, pp. 102-107, Faculty of Technical Sciences Čačak, University of Kragujevac, Čačak, Serbia, 14 – 15. October 2021.

- [12] Zivanović, S., **Vorkapic, N.**, Mitrovic, S., *Machine simulation of additive manufacturing tool path*, Proceedings of the 10th International Scientific Conference IRMES 2022- Machine design in the context of Industry 4.0 – Intelligent products, pp. 211-217, Belgrade, Serbia, 26. May 2022
- [13] Slavkovic, N., Zivanovic, S., Dimic, Z., **Vorkapic, N.**, *Method for Configuring Virtual Robot as an Integral Part of the Control System*, Proceedings of IX International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering IcETRAN 2022, pp. 639-644 (ROI1.2 pp.1-6), Novi Pazar, Serbia, 2022.
- [14] Živanović, S., Vasilic, G., Kokotović, B., **Vorkapić, N.**, Dimić, Z., Slavković, N., *Configuring and verification of a reconfigurable machine with hybrid kinematics MOMA V3*, Proceedings of the 6th international scientific conference” Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications” COMETA2022, ISBN 978-99976-947-6-8, pp. 46- 55, University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering, East Sarajevo-Jahorina, RS, B&H, 17.-19. November 2022.
- [15] Zivanovic, S., Vasilic, G., Dimic, Z., **Vorkapic, N.**, Kokotovic, B., Slavkovic, N., *Programming methods and program verification for 3-axis reconfigurable hybrid kinematics machine*, Proceedings of the 16th International Conference on Accomplishments in Mechanical and Industrial Engineering DEMI 2023, ISBN 978-99976-11-04-8, pp. 136-143, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, 01-02 Jun, 2023.
- [16] **Vorkapić N.**, Kokotović B., Živanović S., *Comparison of signal features from time and frequency domain for chatter detection*, 39th International Conference on Production Engineering of Serbia, ISBN 978-86-6022-610-7, pp. 42-47, Novi Sad, 26-27 Oktobar, 2023.
- [17] **Vorkapić N.**, Kokotović B., Živanović S., *Standard deviation and spectral analysis for chatter detection using wavelet transform packet*, 6th International Conference mechanical engineering in xxi century - MASING, Niš, 14-15 Decembar, 2023.

Г1.2.2 Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (М34)

- [18] Zivanovic, S., **Vorkapic, N.**, Slavkovic, N., Dimic, Z., Vidakovic, J., *Design of MULTIPRODESK: Multifunctional rapid prototyping desktop machine*, International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies, CNN TECH 2023 - The Book of Abstracts, ISBN 978-86-6060-155-3, pp.12, Zlatibor, Serbia, 04-07 July, 2023.

Г1.3 Категорија М50

Г1.3.1 Рад у врхунском часопису националног значаја (М51)

- [19] **Vorkapić, N.**, Živanović, S., Slavković, N., Dimić, Z., Kokotović, B., *Configuring of 3-axis vertical CNC Machine for Rapid Prototyping with two Translatory and one Rotary Axes*, Advanced Technologies and Materials, Vol. 45, No. 1, 2020, pp. 1-9, doi:10.24867/ATM-2020-1-003
- [20] **Воркапић Н.**, Живановић, С., Димић, З., *Развој едукационе 3-осне CNC машине алатке за брзу израду прототипова са две транслаторне и једном обртном осом*, ТЕХНИКА: Часопис савеза инжењера и техничара Србије, Техника 68, Број 6/2020, str.725-732, ISSN 0040-2176,UDC:621:620.17, doi: 10.5937/tehnika2006725V
- [21] Живановић, С., **Воркапић Н.**, Димић, З., *Конфигурисање система за програмирање и управљање 3-осне мини CNC машине алатке на Raspberry Pi платформи*, ТЕХНИКА: Часопис савеза инжењера и техничара Србије, Техника 68, Број 6/2019, str. 823-831,ISSN0040-2176,UDC:621.92/.98-519:004.4, doi: 10.5937/tehnika1906823Z

- [22] Славковић, Н., Живановић, С., **Воркапић Н.**, *Конфигурисање виртуелног прототипа BiSCARA робота*, ТЕХНИКА: Часопис савеза инжењера и техничара Србије, Техника-Машинство 70, Број 3/2021, стр.311-317, ISSN 0040-2176, UDC: 62(062.2) (497.1), doi: 10.5937/tehnika2103311S

Г1.3.2 Рад у националном часопису (М53)

- [23] Zivanović, S., **Vorkapic, N.**, Mitrovic, S., *Machine simulation of additive manufacturing tool path*, ACTA TECHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering Tome XV, Fascicule 4, pp. 39-40, October – December, 2022
- [24] Живановић, С., Славковић, Н., **Воркапић, Н.**, Димић, З., *Адитивна производња и примена STEP-NC протокола*, Часопис Техника, Часопис савеза инжењера и техничара Србије, Vol.74, No.1, стр.65-72, 2024., ISSN 0040-2176, DOI: 10.5937/tehnika2401065Z
- [25] Zivanovic, S., Vasilic, G., Dimic, Z., **Vorkapic, N.**, Kokotovic, B., Slavkovic, N., *Programming methods and program verification for 3-axis reconfigurable hybrid kinematics machine*, Proceedings on Engineering Sciences, Vol.6 No. 2, pp. 593-600, 2024. DOI: 10.24874/PES0, PES06.02.016
- [26] **Vorkapic N.**, Kokotovic B., Zivanovic S., *Wavelet transform packet for signal analysis using standard deviation and signal spectrum*, Innovative Mechanical Engineering, ISSN 2812-9229 (First Online)

Г1.4 Категорија М60

Г1.4.1 Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (М63)

- [27] Тановић, Љ., Живановић, С., Пузовић, Р., Кокотовић, Б., Поповић, М., Славковић, Н., Младеновић, Г., Стојадиновић, С., Пјевић, М., **Воркапић, Н.**, *Развој нове генерације домаћих обрадних система резултати истраживања за 2019. годину*, 42. ЈУПИТЕР конференција, 38. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-6060-055-6, стр. 3.1-3.21, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 06-07. октобар 2020.
- [28] **Воркапић, Н.**, Живановић, С., Кокотовић, Б., Славковић, Н., Димић, З., *Програмирање троосних ну глодалица са две транслаторне и једном обртном осом*, 42. ЈУПИТЕР конференција, 38. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-6060-055-6, стр. 3.122-3.128, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 06-07. октобар 2020.
- [29] Живановић, С., **Воркапић, Н.**, Славковић, Н., Кокотовић, Б., *Анализа примене новог метода програмирања циц стругова применом STEP-NC протокола*, 42. ЈУПИТЕР конференција, 38. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-6060-055-6, стр. 3.129-3.134, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 06-07. октобар 2020.
- [30] **Воркапић, Н.**, Малетић, Ј., Нешовановић, Љ., Живановић, С., Пјевић, М., *Експериментална идентификација специфичних сила резања са експериментим обимног глодања*, 43. ЈУПИТЕР конференција, 39. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-6060-137-9, стр. 3.106-3.111, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 04-05. октобар 2022.

- [31] Живановић, С., **Воркапић, Н.**, Славковић, Н., *Конфигурисање виртуелних машина алатки у STEP-NC окружењу на примеру адитивних технологија*, 43. ЈУПИТЕР конференција, 30. симпозијум CAD/CAM, Зборник радова, ISBN 978-86-6060-137-9, стр. 2.20-2.26, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 04-05. октобар 2022.
- [32] Живановић, С., Тановић, Љ., Пузовић, Р., Кокотовић, Б., Славковић, Н., Поповић, М., Младеновић, Г., Стојадиновић, С., Пјевић, М., **Воркапић, Н.**, Димић, З., Ракић, А., Манасијевић, С., *Ревитализација хоризонталне бушилице глодалице ЛОЛА ХБГ 80 управљањем отворене архитектуре на LinuxCNC платформи*, 43. ЈУПИТЕР конференција, 39. симпозијум НУ-Роботи-ФТС, Зборник радова, ISBN 978-86-6060-137-9, стр. 3.1-3.12, Универзитет у Београду, Машински факултет, Београд, 04-05. октобар 2022.

Г1.5 Категорија М80 - Техничка решења

Г1.5.1 Ново техничко решење (није комерцијализовано) (М85)

- [33] Живановић, С., Димић З., Кокотовић, Б., Василић, Г., **Воркапић, Н.**, Славковић, Н., *Едукациона виртуелна петоосна машина алатка интегрисана са системом програмирања и управљања*, Ново техничко решење у фази реализације (прототип-софтвер) - М85, Универзитет у Београду, Машински факултет, 2020.
- [34] Живановић С., Василић, Г., Димић З., Кокотовић Б., **Воркапић, Н.**, Славковић Н., *Едукациона троосна реконфигурабилна машина са хибридном кинематиком МОМА V3*, Ново техничко решење у фази реализације (није комерцијализовано) - М85, Универзитет у Београду, Машински факултет, 2023.

Г1.6 Категорија М90 - Патенти

Г1.6.1 Регистрован патент на националном нивоу (М92)

- [35] Живановић С., **Воркапић Н.**, Славковић Н., Димић З., Видаковић Ј., Мултифункционална и реконфигурабилна машина алатка за брзу израду прототипова глодањем, ласерском обрадом и додавањем материјала у поларно цилиндричним координатама, Број 1805 U1, Објављен 29.03.2024. године

Д. Приказ и оцена научног рада кандидата

Радови које је кандидат објавио показују да остварени резултати припадају ужој научној области производно машинство. Овде ће радови бити описани на следећи начин: прво радови који су објављени у међународним часописима са рецензијом (категорија М20), а онда остали радови разврстани по тематским целинама.

Радови који су објављени у међународним часописима са рецензијом (Категорија М20).

Кандидат има пет таквих радова. То су радови Г1.1.1[1]; Г1.1.2[2-5]. Овде ће бити кратко описани сваки за себе.

Рад [1] у одељку Г1.1.1 је објављен је у међународном часопису (М23). У овом раду је представљен нови дизајн једног референтног артефакта за испитовање и процену квалитета и могућности адитивних процеса као и за испитивање радне тачности машина за адитивну градњу. Такође, овај рад предлаже и развијену методу мерења геометријских одступања која је верификована у неколико експеримената на расположивим 3Д штампачима применом адитивне методе депоновања материјала фузионим таложењем (FDM-Fused Deposition Modeling).

Радови [2-5] у одељку Г1.1.2 објављени су у националном часопису међународног значаја (М24) FME Transactions. У раду [2] је представљена оптимизација брзине помоћног кретања у

захватима 2.5 осног глодања. Ово истраживање се односи на CNC обраду глодањем раванских контура равним вretenастим глодалима. У раду је представљен скуп функција, потребних за процесирање модела обратка и технолошког програма обраде, са циљем реконструкције тренутне површине обратка захваћене алатом. Изабрана је интерпретација обратка помоћу Z-мапе. Реконструисана мапа захвата, уз претходно одређене специфичне силе резања, довољна је за предвиђање тренутних и репрезентативних сила глодања у тачкама програмиране путање алата. На тај начин је омогућена корекција брзина помоћног кретања у тачкама путање алата и накнадна редискретизација те путање у циљу одржавања предефинисаног нивоа силе глодања, што је и потврђено експерименталном идентификацијом специфичних сила резања применом процедура имплементираних у Matlab окружењу, за оптимизацију брзина помоћног кретања. Радам [3] обухваћен је преглед истраживања у области брзе израде прототипова поступцима додавања, одузимања и обликовања материјала. У оквиру рада је приказана методологија за примену брзе израде прототипова засноване на STL улазној датотеци, при чему је оформљен дигитални низ информација CAD/CAM/CNC до нивоа који омогућава успешну реализацију физичких прототипова додавањем, одузимањем и обликовањем материјала у калупима. Радам [4] обухваћена су истраживања у области конфигурисања виртуелног обрадног система на примеру ревитализованог хоризонталног обрадног центра ЛОЛА ХБГ 80. Обрадни центар је ревитализован управљањем отворене архитектуре Linux CNC. Захваљујући таквом типу управљања конфигурисана је виртуелна машина алатка у Python софтверском окружењу, који представља дигитални близанац машине, јер се захваљујући оваквом типу управљања погони у виртуелном моделу извршавају на бази стварних брзина помоћног кретања машине. У раду [5] описан је кинематички модел BiSCARA робота са паралелном кинематиком. За изабрану кинематику машине решен је директни и инверзни геометријски проблем, а након тога је извршено конфигурисање виртуелне машине у Matlab софтверском окружењу. Верификација рада виртуелног прототипа робота је извршена у Matlab Simulink софтверском пакету.

Радови из области обраде стругањем

У ову групу су сврстани следећи радови: [6 и 7] у одељку Г1.2.1 и [29] у одељку Г1.4.1. У раду [6] је представљена истраживачка тема која се односи на развој методе за анализу стратегије захвата резања навоја за произвољну геометрију профила навоја и геометрију профила алата, укључујући трапезне навоје и пужне тачкове. Предложена метода користи два критеријума за процену специфичне стратегије: (1) уравнотежена мера необрађене површине струготине у следећим пролазима, где се прорачун површине струготине заснива на нумеричкој интеграцији и (2) предвиђање сила резања и њихова дистрибуција у наредним пролазима. Процена силе резања заснива се на специфичним силама резања и ангажованој површини струготине делујући на дискретизоване дужине резних ивица. У раду [7] је представљен развој трокомпонентног динамометра за захвате стругања са алатом са мерним тракама. Основни облик овог динамометра је добро познати двоструко продужени осмоугаони прстен. Геометријски параметри тела динамометра су оптимизовани методом коначних елемената. Очекује се да ће прототип оваквог динамометра бити користан у експерименталним активностима везаним за мерење силе резања при обради стругањем. У раду [29] представљен је нови метод програмирања нумерички управљаних стругова заснован на STEP-NC протоколу. Верификација новог метода програмирања је извршена на CNC (Computer Numerical Control) стругу, који се налази у лабораторији за обрадне системе Машинског факултета.

Радови на тему развоја нових едукационих стоних машина алатки.

У ову групу су сврстани следећи радови: [8-10, 13-15] у одељку Г1.2.1, категорије М33, [18] у одељку Г1.2.2, категорије М34, [19-22, 26] у одељку Г1.3.1 категорије М50, [28] у одељку Г1.4.1 категорије М63, [33, 34] у одељку Г1.5.1 категорије М80, [35] у одељку Г1.6.1 категорије М90 .

Радови [8, 9] и [21] односе се на конфигурисање и развој мини CNC троосне машине алатке, са погонима од старих DVD/CD читача. Машина је реализована са управљањем отворене

архитектуре. Развијена су два управљања, једно на РС платформи на бази LinuxCNC система и друго на компактној рачунарској платформи Raspberry Pi са Machinekit управљачким софтвером. За потребе верификације система управљања и програмирања конфигурисана је и виртуелна мини CNC машина алатка, интегрисана са системом за управљање. Приликом конфигурирања система за програмирање и управљање мини CNC машине алатке реализоване су следеће активности: (i) конфигурирање виртуелне машине и симулација њеног рада по задатом програму у циљу верификације програма у различитим окружењима (ii) конфигурирање управљања машине алатке, (iii) верификација управљања и пробни рад машине алатке.

Радови [18, 20], [28] и [35] односе се на конфигурирање и развој едукационе троосне НУ глодалице као машине алатке са две транслаторне и једном хоризонталном обртном осом за брзу израду прототипова обртних симетричних и/или несиметричних делова. Поред развоја и реализације машине и управљања отворене архитектуре на бази LinuxCNC система, оформљено је и адекватно окружење за њено програмирање, као и верификација програма симулацијом уклањања материјала и симулацијом рада виртуелне машине по задатом програму. Верификација метода програмирања је реализована обрадом неколико карактеристичних делова, типа геометрије и рељефа. Разматрана конфигурација машине је реализована и као реконфигурабилна машина алатка која користи и технологије ласерске обраде и додавања материјала на цилиндричним површинама, што је представљено аргументовано објавом малог патента [35]. У раду [19] је приказан развој још једне едукационе троосне машине алатке са две транслаторне и једном вертикалном обртном осом, која позиције у радном простору оставрује у поларно цилиндричном координатном систему. Конфигурирана је виртуелна машина интегрисана са системом управљања и програмирања за потребе верификације програма и развијен постпроцесор за машину. Извршавањем програма (G-кода), на машини исцртавају се контуре помоћу писача у овој фази развоја. У раду [9] представљен је преглед истраживања на тему развијених едукационих мини NC машина алатки на бази управљања отворене архитектуре, на РС платформи и на компактним рачунарским платформама. Показане су прве развијене варијанте ових машина, њихово конфигурирање, систем за програмирање и управљање и верификација рада. Референце [14, 15, 26, 34] представљају групу радова која се односи на развој мини едукационе машине алатке са хибридном кинематиком MOMA V3. У радовима [14, 15 и 26] представљено је окружење система за управљање, програмирање и верификацију задатог програма обраде. Кроз техничко решење [34], представљен је кинематички модел машине, решења инверзног и директног геометријског проблема, као и решење система за управљање и програмирање базираног на LinuxCNC систему отворене архитектуре. Верификација је извршена 3-осном обрадом у стиродуру. Радови [10, 13 и 22] представљају развој мини едукационе машине алатке са паралелном кинематиком на бази BiScara механизма. У радовима је описан систем управљања на бази отворене архитектуре као и виртуелни прототип машине са интегрисаним системом управљања.

У раду [27 и 32] је дат преглед истраживања и остварених резултата у оквиру пројекта “Интегрисана истраживања у области макро, микро и нано машинског инжењерства“ и подпројекта TP35022 „Развоје нове генерације домаћих обрадних система“, који финансијски подржава Министарство просвете, науке и технолошког развоја Владе Републике Србије, где је кандидат члан пројектног тима. Предмет истраживања је нова генерација домаћих обрадних система, заједно са производним технологијама, које су потребне за развој тих обрадних система и за њихов несметани рад. Кључне области истраживања у овим технологијама су машине алатке, роботи, алати, технолошки процеси и дигитални квалитет. Истраживања су усмерена на технологијама отворене архитектуре, у погледу система управљања и програмирања, али и у погледу структура ових система, пратећи актуелна истраживања у овим областима.

Радови на тему новог приступа за објектно програмирање НУМА према одредбама стандарда STEP-NC.

Овој групи припадају радови [10 и 11] у одељку Г1.2.1, [24] у одељку Г1.3.1 и [31] у одељку

Г1.4.1. У раду се анализира могућност примене нове методе програмирања на бази STEP-NC протокола за CNC стругове, CNC глодалице и машине алатке за додавање материјала. Метод програмирања је базиран на STEP-NC стандарду ISO10303-238. У циљу верификације метода програмирања, конфигурисани су виртуелни CNC стругови који могу интерпретирати STEP-NC програме који су интегрисани у софтверско окружење STEP-NC Machine. Предложен је метод за добијање STEP-NC програма, као и могућност тренутне примене таквих програма на расположивим CNC струговима. Верификација предложеног метода за програмирање је извршена прво, кроз симулације на конфигурисаним виртуелним CNC струговима, а потом и експериментално обрадом изабраних пробних делова.

Виртуелна машина интегрисана са системом програмирања и управљања LinuxCNC

У ову групу спада техничко решење [33] у одељку Г1.5.1, категорије М85, Едукациона виртуелна петоосна машина алатка интегрисана са системом програмирања и управљања. Ово техничко решење решава проблем успешне едукације и студената и НУ оператера, као и полазника курсева корисника CAD/CAM система. Основну суштину техничког решења представља: (1) развијена класа едукационе виртуелне петоосне машине SH5D, (2) специфичан начин кинематичког моделирања, као основе за развој система за управљање, (3) систем управљања отворене архитектуре са перформансама какве имају и индустријске машине, (4) Виртуелна машина алатка (ВМА) интегрисана са системом за управљање и програмирање.

Радови на тему програмирања НУМА за поступке додавања материјала

Овој групи припадају радови [12] у одељку Г1.2.1 и [23] у одељку Г1.3.1. У радовима је описана процедура за програмирање, симулацију и верификацију рада машина алатки за додавање материјала у различитим софтверским окружењима. Развој оваквих система од великог је значаја за симулацију и верификацију машина алатки са паралелном и хибридном кинематиком, које због својих специфичности са појавом сингуларитета на границама радног простора.

Рад на тему идентификације специфичних сила резања глодањем

Овој групи припада рад [30] у одељку Г1.4.1. Рад описује процедуру за експерименталну идентификацију специфичних сила резања која је извршена обрадом глодања на 3-осној вертикалној CNC глодалици. Извршена је обрада танке ламеле различитим брзинама помоћног кретања у два различита материјала. Добијене вредности коефицијената од великог су значаја за развој симулационих окружења за симулацију сила резања дуж програмиране путање алата.

Радови на тему детекције подрхтавања у обрадном систему

Овој групи припадају радови [16 и 17] у одељку Г1.2.1 и [25] у одељку Г1.3.1. У радовима је описана процедура и извршена је верификација развијених алгоритама за детекцију подрхтавања на бази сигнала са сензора. Упоредени су сигнали са два типа сензора, акцелерометара и динамометра. Снимљени сигнали су дискретизовани у временском домену на бафере са мањим број одбирака и над њима су израчунате одређене статистичке величине попут стандардне девијације, куртозиса и скјуниса као потенцијалних параметара који могу указати на појаву подрхтавања током процеса обраде. Такође, издвојени делови сигнала су анализирани и у фреквентном домену применом вејвлета и брзе Фуријеове трансформације (FFT- Fast Fourier Transform).

Ђ. Оцена испуњености услова

На основу увида у конкурсни материјал и претходно наведеног у Извештају, Комисија сагласно Закону о високом образовању Републике Србије, Правилнику о начину и поступку стицања звања и заснивања радног односа наставника и сарадника на Универзитету у Београду – Машинском факултету и Статуту Универзитета у Београду – Машинског факултета констатује да кандидат **Никола М. Воркапић**, маг. инж. маш, асистент

Универзитета у Београду – Машинског факултета, испуњава све критеријуме за избор у звање асистента:

- (1) завршио је студије на Универзитету у Београду – Машинском факултету са високом просечном оценом (основне академске студије – **8,24** и мастер академске студије –**9,30**);
- (2) студент је докторских студија на Универзитету у Београду – Машинском факултету;
- (3) има изражену способност за наставни рад која је одлично оцењена од стране студената (просечна оцена спроведених анкета током школске 2018/19 – 2023/24. године је **4,93**);
- (4) Као аутор или коаутор објавио је 32 научна рада, два техничка решења и један патент из области производног машинства и то један рад у међународном часопису (M23), четири рада у националном часопису међународног значаја - FME Transactions (M24), осам радова у националним часописима (M51 – M54), 12 радова саопштених на скуповима међународног значаја штампаних у целини (M33), један рад саопштен на скупу међународног значаја штампан у изводу (M34) и 6 радова саопштених на скуповима националног значаја штампаних у целини (M63);
- (5) има радно искуство у области производног машинства;
- (6) активно се служи енглеским језиком;
- (7) изузетно добро познаје рад на рачунару;
- (8) има бројне награде за изванредне успехе током претходних студија;
- (9) учествује у једном текућем и учествовао је у два завршена научно истраживачка пројекта;
- (10) члан је Комисије за распоред наставе на Универзитету у Београду – Машинском факултету, а од 2022 године члан је Одбора Синдикалне организације на Машинском факултету. Поред тога, био је члан организационих одбора 42. и 43. ЈУПИТЕР конференције и члан је организационог одбора 44. ЈУПИТЕР конференције.

Чланови Комисије такође констатују:

- да кандидат поседује све људске, моралне и стручне квалитете који су својствени кодексу Универзитета
- и да се на основу досадашњих резултата може закључити да ће кандидат бити активан и успешан у реализацији будућих наставних, научних, стручних и других активности на Универзитету у Београду – Машинском факултету.

Е. Закључак и предлог

На основу прегледа и анализе достављених материјала, Комисија за подношење реферата констатује да кандидат Никола Воркапић, маг. инж. маш, асистент Универзитета у Београду – Машинског факултета, у потпуности испуњава све формалне и суштинске критеријуме за избор у звање асистента прописане Законом о високом образовању Републике Србије, Правилником о начину и поступку стицања звања и заснивања радног односа наставника и сарадника на Универзитету у Београду – Машинском факултету и Статутом Универзитета у Београду – Машинског факултета.

На основу изложеног, Комисија са задовољством предлаже Изборном већу Универзитета у Београду – Машинског факултета да кандидат **Никола Воркапић, маг. инж. маш.** буде поново изабран у звање **асистента на одређено време од 3 (три) године, са пуним радним временом на Катедри за производно машинство Универзитета у Београду – Машинског факултета, за ужу научну област производно машинство.**

Место и датум: Београд, 03.7.2024.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Саша Живановић, редовни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

Др Бранко Кокотовић, ванредни професор,
Универзитет у Београду - Машински факултет

Др Слободан Табаковић, редовни професор,
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука