

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИБРИДНОГ ВИШЕОДЗИВНОГ МОДЕЛА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ ПАРАМЕТАРА ПРОЦЕСА ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ЕКСТРУЗИЈЕ

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Александар (Даница) Крстић**

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Факултет техничких наука Чачак, Индустријски менаџмент

3. Година завршетка претходног нивоа студија: **2007.**

4. Година уписа на докторске студије: **2021.**

5. Назив студијског програма докторских студија: **Инжењерски менаџмент**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме: **Ђорђе Николић**

Звање: **Редовни професор**

Списак радова објављених у научним часописима са SCI листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Arsić, S., **Nikolić, D.**, Mihajlović, I., Fedajev, A., Živković, Ž., A New Approach Within ANP-SWOT Framework for Prioritization of Ecosystem Management and Case Study of National Park Djerdap, Serbia, *Ecological Economics*, Vol. 146, 2018, pp. 85-95. (doi:10.1016/j.ecolecon.2017.10.006, ISSN-0921-8009; *часопис је на SCI листи са IF(2017)=3.895, ранг часописа M21a-21/353 за 2017.г.*)
2. Nikolić, N., Jovanović, I., **Nikolić, D.**, Mihajlović, I., Schulte, P., Investigation of the Factors Influencing SME Failure as a Function of Its Prevention and Fast Recovery after Failure, *Entrepreneurship Research Journal*, 2018, Article in press. (doi: 10.1515/erj-2017-0030, ISSN- 2194-6175; *часописјена SCII листи са IF(2017)=1.25, ранг часописа M23-107/140 за 2017.г.*)
3. Živković, Ž., Nikolić, D., Savić, M., Djordjević, P., Mihajlović, I., Prioritizing Strategic Goals in Higher Education Organizations by Using a SWOT–PROMETHEE/GAIA–GDSS Model, *Group Decision and Negotiation*, Vol. 26, No 4, 2017, pp. 829-846. (doi: 10.1007/s10726-017-9533-y, ISSN- 0926-2644; *часописјена SCII листи са IF(2017)=1.896, ранг часописа M22-105/209 за 2017.г.*)
4. Djordjevic, P., **Nikolic, Dj.**, Jovanovic, I., Mihajlovic, I., Savic, M., Zivkovic, Z, Episodes of extremely high concentrations of SO₂ and particulate matter in the urban environment of Bor, Serbia, *Environmental Research*, Vol 126, 2013, pp. 204-207. (doi:10.1016/j.envres.2013.05.002, ISSN- 0013-9351; *часопис је на SCI листи са IF(2013)=3.951, ранг часописа M21-21/216 за 2013.г.*)
5. Arsić Milica, **Nikolić Đorđe**, Đorđević Predrag, Mihajlovic Ivan, Živković Živan, Episodes of extremely high concentrations of tropospheric ozone in the urban environment in Bor – Serbia, *Atmospheric Environment*, Vol 45, No 32, 2011, pp. 5716-5724. (doi:10.1016/j.atmosenv.2011.07.024, ISSN- 1352-2310; *часопис је на SCI листи са IF(2011)=3.465, ранг часописа M21-25/205 за 2011.г.*)
6. **Djordje Nikolić**, Novica Milošević, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Viša Tasić, Renata Kovačević, Nevenka Petrović, Multi-criteria Analysis of Air Pollution with SO₂ and PM₁₀ in Urban Area Around the Copper Smelter in Bor, Serbia, *Water, Air and Soil Pollution*, Vol 206, 2010, pp. 369-383. (ISSN- 0049-6979; *часопис је на SCI листи са IF(2010)=1.765, ранг часописа M21-19/76 за 2010.г.*)
7. **Đorđe Nikolić**, Ivan Jovanović, Ivan Mihajlović, Živan Živković, Multi-criteria ranking of copper concentrates according to their quality- An element of environmental management in the vicinity of copper-smelting complex in Bor, Serbia, *Journal of Environmental Management*, Vol 91, No 2, 2009, pp. 509-515. (ISSN- 0301-4797; *часопис је на SCI листи са IF(2009)=2.367, ранг часописа M21-53/181 за 2009. г.*)

8. N. Milijić, I. Mihajlović, **Đ. Nikolić**, Ž. Živković, Multicriteria analysis of safety climate measurements at workplaces in production industries in Serbia, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol 44, No 4, 2014, pp. 510-519.(doi:10.1016/j.ergon.2014.03.004, ISSN- 0169-8141; часопис је на SCI листи са IF(2014)=1.070, ранг часописа M23-25/433а 2014.г.)
9. Arsić, M., **Nikolić, Dj.**, Živković, Ž., Urošević, S., Mihajlović, I., The effects of TQM on employee loyalty in transition economy, Serbia, *Total Quality Management and Business Excellence*, Vol 23, No 5-6, 2012, pp. 719-729.(doi:10.1080/14783363.2012.669930, ISSN-1478-3363; часопис је на SSCI листи са IF(2012)=0.894, ранг часописа M23-111/1743а 2012.г.)

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ На седници одржаној **12.05.2022.** 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

Проф. др Нада Штрбац

- 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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-34-3
Бор, 16. 05. 2022. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору и чл. 35. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 12. 05. 2022. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **Александра Крстића**, студента докторских академских студија студијског програма Инжењерски менаџмент.

II Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: **„Развој и имплементација хибридног вишеодзивног модела у фази окружењу за оптимизацију параметара процеса технолошког поступка екструзије“**.

III За ментора се именује **др Ђорђе Николић**, редовни професор Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности на одлуку о прихватању теме и оређивању ментора.

Доставити:

- ВНО Универзитет у Београду
- именованом
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

декан

Проф. др Нада Штрбац

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај комисије о подобности теме и кандидата Александра Крстића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа бр. VI/4-32-6 од 15.03.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости пријављене теме за израду докторске дисертације кандидата Александра Крстића, под називом: **„РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИБРИДНОГ ВИШЕОДЗИВНОГ МОДЕЛА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ ПАРАМЕТАРА ПРОЦЕСА ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ЕКСТРУЗИЈЕ“**. Предложена тема спада у научно поље Техничко-технолошких наука и научној области индустријско инжењерство/инжењерски менаџмент.

На основу расположивог материјала Комисија подноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Општи биографски подаци

Александар Крстић рођен је 30.01.1975.године у Скопљу. Основну и средњу школу - Гимназију природно – математичког смера са одличним успехом завршава у Урошевцу.

Факултет Техничких наука у Чачку, Универзитета у Крагујевцу, завршава 2007. године на смеру Индустријски менаџмент са просечном оценом 8.19/10 и оценом 10/10 на дипломском раду и тиме стиче звање дипломирани инжењер за индустријски менаџмент.

Након завршетка основних студија, школске 2008/09 уписује специјалистичке студије у трајању од годину дана на истом факултету, на смеру Инжењерски менаџмент. Специјалистички рад под називом „Могућности примене програмских решења за пословно одлучивање“ одбранио је 20.10.2010. године са оценом 10/10 и просечном оценом током студија 9.20/10 и тиме стиче звање специјалисте техничких наука.

Школске 2011/12. године уписује докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерски менаџмент, где је током студија положио све испите са просечном оценом 9.78/10.

Школске 2021/22 уписује докторске академске студије на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, на студијском програму Инжењерски менаџмент.

Од 2000 – 2007. године, ради је у ОШ „Светолик Ранковић“ у Аранђеловцу као наставник информатичке групе предмета. Од 2007-2010. године, ради на Техничком факултету у Чачку као сарадник у настави на групи предмета у ужој научној области менаџмент и операциона истраживања. Све време је био ангажован на извођењу вежби из

следећих наставних предмета: операциона истраживања, теорија одлучивања, стратегијски менаџмент, менаџмент производњом, управљање истраживањем и развојем. Од 2010. године, ради у ОШ „Светолик Ранковић“ у Аранђеловцу као наставник информатичке групе предмета.

У досадашњем раду објавио је 9 научних радова, од којих је 1 штампан у међународним часописима са SCI (Science Citation Index) листе, а остали у часописима од међународног значаја и реферисани на међународним и домаћим симпозијумима и конференцијама и публиковани у одговарајућим зборницима.

1.2. Сечено научно-истраживачко искуство

У току досадашњих докторских студија на студијском програму Инжењерски менаџмент, кандидат Александар Крстић је положио следеће испите:

- 1) Методологија НИР-а (оцена 10)
- 2) Управљање пословним процесима (оцена 10)
- 3) Систем квалитета (оцена 9)
- 4) Менаџмент знањем (оцена 9)
- 5) Квантитативне методе (оцена 10)
- 6) Докторска дисертација - дефинисање теме (теоријске основе) (оцена 10)
- 7) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 1 (оцена 10)
- 8) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 2 (оцена 10)
- 9) Докторска дисертација - Студијски истраживачки рад 3 (оцена 10)

чиме је стекао право да пријави тему за израду докторске дисертације.

Публикације кандидата Александра Крстића:

Радови публиковани у међународним часописима са SCI листе (M23)

1. **Krstić A.**, Nikolić Đ., Papić M., A hybrid multi-output approach to optimisation of PVC pipe quality characteristics. *Revista Internacional de Metodos Numericos Para Calculo Y Diseno En Ingenieria- International Journal of Numerical Methods for Calculation and Design in Engineering (RIMNI)*, Scipedia S.L, Vol.37, (3), 32, 2021, DOI: 10.23967/j.rimni.2021.09.001. SCIE IF 2020= 0.513, SJR 2020 = 0.21.

Радови публиковани у међународним часописима изаван SCI листе

1. **Krstić, A.**, Nikolić, Đ., A Taguchi Approach on Optimal Process Control Parameters for PVC Pipe Extrusion Process. *International Journal of Advance Research and Innovation* , Vol 6(4) 2018, 335-339 ISSN 2347-3258, ISI IF 2018 = 1.437.

Радови саопштени на научним скуповима међународног значаја (M33)

1. Riznić, D., Manić, M., **Krstić, A.**, Nove strategije ekološko - ekonomskog rasta i modeli ranagiranja i komparacije dobavljača, knjiga apstrakata, *International Scientific Conference on Innovative Strategies and Technologies In Environment Protection*, Beograd, 18-20. April 2012. ISBN 978-86-89061-01-7, UDK: 502/504(048), COBISS.SR-ID: 190127372.
2. **Krstić, A.**, Some considerations on modern concepts of Knowledge managment and E – business, *Book of proceedings of 11th International May Concefrnce on Starategic*

Management – IMKSM2015, Bor, 29-31. May 2015, Serbia , str.489-499, ISBN: 978-86-6305-030-3.

3. **Krstić, A.,** Nikolić, Đ., Development of the system criteria for making software solutions for business decision, Book of proceedings of 12th International May Concefernce on Starategic Management - IMKSM 2016, Bor, May 28 - 30, 2016 Serbia, str. 537-546, ISBN:978-86-6305-042- 6, UDK:004:007]: 004, COBISS.SR-ID 224844044.

Радови саопштени на научним скуповима националног значаја (М63)

1. **Крстић, А.,** Весић, Ј., О неким аспектима наруцби у индустријској производњи, Зборник радова, СПИН '08, VI Скуп привредника и научника, Операциони менаџмент и европске интеграције стр. 152 - 156, Београд 2008, ISBN: 978-86-7680-164-0, COBISS.SR-ID: 152706572.
2. **Крстић, А.,** Управљање ланцима снабдевања и оптимизација, Зборник радова, СПИН '08, VI Скуп привредника и научника, Операциони менаџмент и европске интеграције, стр. 257- 262 Београд 2008, ISBN: 978-86-7680-164-0, COBISS.SR-ID: 152706572.
3. **Крстић, А.,** О неким аспектима примене савремених концепата у индустријској производњи, Зборник радова, СПИН '09, VII Скуп привредника и научника, Опраациони менаџмент и европске интеграције, стр. 345 – 353, Београд 2009, ISBN:978-86-7680-202-9, COBISS.SR-ID: 170738188.
4. **Крстић, А.,** Весић Васовић, Ј., Неке могућности избора добављача применом методе вишекритеријумског одлучивања, SYM-OP-IS 2010, Тара 2010, Зборник радова, Београд, 2010. стр.811-814, ISBN:978-86-335-0299-3, УДК.: 007:005]:004, COBISS.SR-ID: 512315294.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

У оквиру свог досадашњег рада као и истраживачким активностима, кандидат Александар Крстић је исказао значајну способност и самосталност за научно-истраживачки рад у областима моделовања и оптимизације производних система уз примену различитих квантитативних метода.

На основу увида у биографске податке, предочених чињеница о досадашњем раду, објављеним радовима и оствареног искуства кандидата, Комисија констатује да кандидат испуњава формалне услове за рад на изради докторске дисертације као и научно-стручну усмереност ка области којој припада предложена тема (инжењерски менаџмент: моделовање, вишекритеријумско одлучивање и оптимизација), те се оцењује подобним за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

Пластичне цеви произведене технолошким поступком екструзије најчешће се примењују за секундарну и терцијарну дистрибуцији питке воде, транспорт одвода и канала за оптичка влакна. Производни процес заснован је на технолошком поступку екструзије полиолефина (ПО) и поливинил хлорида (ПВЦ). Пластични материјали заузимају значајан

удео у изградњи комплексних инфраструктурних система цевовода од пластичних маса за одвођење свих врста за прљаних и отпадних вода у системима нискоградње из непосредне човекове околине и њихово одвођење до уређаја за пречишћавање или директног испуста у одговарајући пријемник. Једноставна уградња, комплетна могућност рециклирања ПВЦ-а, такође доприноси испуњавају еколошких критеријума у односу на конкурентне материјале. Релативно ниски трошкови, добре хидрауличке особине, одржавање система цевовода практично без трошкова, дуг временски период експлоатације и низ других специфичних својства дају им предност у односу на цеви произведене од класичних материјала. У поређењу са бетонским цевима, производња ПВЦ цеви захтева око четири пута мање енергије и минимизира губитке сировине ПВЦ-а. У функционалном смислу, цеви од ПВЦ-а, континуирано замењују металне цеви и према проценама око 60% од укупне светске производње пластичних цеви односи се на ПВЦ цеви (Pipes market, 2021). Имајући у виду наведене предности ПВЦ цеви, потражња за њима је у континуираном порасту и на укупном светском тржишту заузимају значајан удео. ПВЦ цеви за системе уличних одвода су изложене различитим утицајима као што су статичко и динамичко оптерећење, случајни спољашњи удари, шљунак као подлога, итд. У фази манипулације, приликом транспорта, током њихове уградње постављањем у ископане ровове као и током периода експлоатације.

Неопходно је да одзиви процеса производње ПВЦ цеви технолошким поступком екструзије обезбеде адекватна механичка и физичка својства екструдираних производа. Екструзија пластичних цеви представља интегрисани континуирани процес са вишеструким улазима и вишеструким излазима, нарочито УПВЦ (енгл. *Unplasticized Polyvinylchloride*), који се све више користи за производњу цеви као структурног елемента система одвода. Процес екструдирања цеви је најзаступљенији поступак производње цеви у индустрији прераде пластике (Gadekar i dr., 2015). Сложеност процеса екструзије и велики број технолошких процесних параметара отежавају одржавање процеса под контролом. Комплексност манипулисања процесним параметрима може изазвати значајне проблеме у квалитету, високе трошкове производње и губитак тржишта. Осим смањења времена циклуса и нижих трошкова производње, један од главних циљева технолошког поступка екструзије је побољшање техничких квалитета екструдираних делова. За побољшање стопе производње, веома је значајана оптимизација параметра процеса и побољшање продуктивности (Ayele, 2019). Компаније за производњу производа од пластичних маса суочавају се наведеним проблемима и глобалном конкуренцијом. Традиционална хеуристичка методологија наглашава приступ покушаја и погрешака базира се искуствена сазнања инжењера процеса за одређивање оптималних параметара контроле процеса. Оптимизацији параметара процеса приступа се рутински, посебно у постављању коначних оптималних параметара процеса. Ово резултира подешавањем мање него оптималних вредности технолошких процесних параметара. Суочени са глобалном конкуренцијом у индустрији прераде полимера и производњу производа од пластичних маса, приступ традиционалне хеуристичке методологије није више довољан услов за процес производње технолошким поступком екструзије. У складу са дефинисаним захтевима, индустрија за прераду пластике снажно се фокусира на три важна фактора као што су квалитет, време и трошкови (Kumar i dr., 2019; Kerealmе i dr., 2016), који се могу постићи применом концепта робусног инжењеринга квалитета (Singh and Singh, 2012). Оптимално подешавање параметара процеса препознато је као један од најважнијих корака у индустрији прераде полимера за побољшање квалитета производа произведених технолошким поступком екструзије (Kumar et al., 2019; Ariani et al., 2019; Pawar i dr., 2017; Sharma i dr., 2017). С обзиром да процес екструзије укључује услове стабилног стања, било која акција која може стабилизovati било који параметар или услов је корисна за процес (Sandip i dr., 2015). Решавање проблема везаних за квалитет директно утиче на очекивану добит компанија током процеса прераде полимера. Примену техника оптимизације у процесима производње

и њиховим синергичним дејством, компаније остварују могућност адекватног одговора на глобалну конкурентност и повећане потражње за квалитетним производом и ниским трошковима. Истраживање утицаја технолошких процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса представља суштину процеса производње. На тај начин се омогућава идентификација кључних процесних параметара и развијање вишеодзивног хибридног оптимизационог модела (Ayele A., 2019; Pandey and Dubey, 2013; Bose i dr., 2013; Pattnaik i dr., 2013; Hsiang i dr., 2012).

У складу са предходно наведеним је и дефинисан предмет истраживања, побољшање процеса, који се фокусира испитивање и на анализу утицаја технолошких процесних параметара на вишеструке одзиве процеса производње трослојне цеви од непластифицираног ПВЦ-а (поливинил хлорида) технолошким поступком екструзије у компанији за производњу и дистрибуцију производа од пластичних маса Пештан из Аранђеловца. У ту сврху у оквиру истраживања планира се развој и имплементација модела, који ће се састојати из две фазе. У првој фази формираће се вишеодзивни хибридни оптимизациони модел процеса применом фази Taguchi методологије. У наставку, у другој фази извршиће се верификација развијеног модела. Први сегмент имаће за циљ идентификацију, селекцију и истраживање утицаја технолошких процесних параметара на вишеструке одзиве процеса. При чему, ови вишеструки одзиви процеса биће разматрани кроз физичко-механичке карактеристике квалитета и оптимизације технолошких параметара израде ПВЦ производа. Други сегмент имаће за циљ верификацију развијеног модела, односно аналитички дефинисаног оптимума. Такође, добијене резултате истраживања могуће је понудити и другим компанијама за прераду полимера и производњу производа од пластичних маса са намером њихове практичне примене. За обраду података и добијање свих резултата примениће се програмска решења Microsoft Excel, SPSS 25 и Matlab.

2.2. Циљеви истраживања

Један од стратегијских циљева компанија је да произведе производе високог квалитета и да их пласира на тржиште уз максимизирање очекиваног профита без повећања трошкова. Побољшања квалитета производа представљају кључне факторе за компаније да стекну и одрже конкурентску предност. Екструдирање полимерних материјала за производњу готових производа намењених индустријским или потрошачким апликацијама, представља интегрисани континуирани процес са вишеструким улазима и вишеструким излазима. Комплексност манипулације процесним параметрима може изазвати значајне проблеме у квалитету, високе трошкове производње и губитак тржишта. Карактеристике квалитета у поступку екструзије су механичка својства, димензије или мерљиве карактеристике и атрибути (Rajul i dr., 2014). ПВЦ цеви као структурни елементи уграђени у система ценовода, треба да обезбеде функционалне захтеве, првенствено стабилност преноса флуида а да при том флуид не напушта цев, издржљивост, оперативни капацитет, диелектричност, отпорност према корозији, постојаност, отпорност на механичке утицаје и низ других захтева који непосредна последица механичких и физичких својства цеви. Наведени захтеви се постижу варирањем формулације сувог праха, конзистентним физичким и механичким карактеристика квалитета које обезбеђују стабилан и поуздан систем. Веома значајно да цеви поседују потребна механичка и физичка својства која ће обезбедити неопходне перформансе, поузданост, способност да издрже хоризонтална и вертикална оптерећења, сигурност да је производ неосетљив на спољашње ударе и на тај начин омогуће стабилан и поуздан систем одводње што се може обезбедити побољшањем процеса, континуалним унапређењем квалитета, повећањем робусности у фази експлоатације и одржавањем перманентног нивоа квалитета екструдираних цеви.

Дакле, постоји јасно исказана потреба за одређивањем оптималних параметара за контролу процеса екструдирања, који могу осигурати робустан квалитет производа, минимизирање варијација процеса и већу поузданост процеса, што имплицира следеће:

- Побољшање ефикасности производње;
- Повећање обима производње;
- Побољшање квалитета производа;
- Унапређење постојеће технике и технологије;
- Побољшање и иновирање производног програма и производа;
- Очување постојећих и освајање нових тржишта;
- Развијање истраживачко-развојног рада.

Наведени су одређени циљеви који омогућују компанијама да се прилагоде очекиваним променама у окружењу анализом и побољшањем квалитета процеса. Компанија за прераду и производњу производа од пластичних маса Пештан из Аранђеловца као регионални лидер, такође и велики број компанија из индустрије за прераду полимера и пластичних маса, суочавају се са бројним изазовима. Имајући у виду захтеве за потражњом производа, побољшањем квалитета процеса/производа и општу проблематику процеса производње технолошким поступком екструзије ПВЦ-а и повећаном потражњом производа на домаћем и иностраном тржишту, намеће се потреба за оптимизацијом процеса производње технолошким поступком екструзије производа од непластифицираног ПВЦ-а. Такође, поред великог броја радова и студија који се баве истраживањем и проблематиком оптимизације различитих процеса и самим процесом производње технолошким поступком екструзије у различитим индустријским секторима постоји недостатак литературе о предмету истраживања. Односно, веома мали број студија које се баве истраживањем и анализом утицаја технолошких процесних параметра на одзиве процеса израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије. Штавише, досадашња литература није на методолошки потпун начин дала модел који на адекватан начин примењује предности постојеће фази Taguchi методологије у циљу развоја хибридних оптимизационих модела за дати предмет истраживања. Интеграцијом релевантне литературе из ове области заједно са развојем оригиналних хибридних оптимизационих модела поред емпиријског доприноса, добијени резултати могу дати значајне податке компанијама за производњу производа од пластичних маса. На тај начин постиже се робусни квалитет производа, минимизирају се варијација процеса чиме се у подиже ниво квалитета процеса. Развијен модел може бити од користи бројним заинтересованим странама (пројектантима, извођачима, процесним инжењерима, корисницима и контролним установама) да производ који се користи поседује све карактеристике квалитета за несметану, непроблематичну дугорочну експлоатацију. Поред постизања висок нивоа квалитета, имајући у виду актуелност проблеметике, побољшањем процеса опитизацијом, предупредили би се проблеми комплексности поступка екструзије са аспекта управљања и контроле процеса. Дефинисање стратегије побољшања квалитета у идустрији прераде пластике за оптимално управљање параметрима процеса израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије би требало да допринесе постизању оптималнијих технолошких услова производње ПВЦ производа.

3. ОСВРТ НА РЕЛЕВАНТНЕ БИБЛИОГРАФСКЕ ИЗВОРЕ

Полазна литература која подстиче истраживање и дефинише предмет истраживања, односи се на проучавање анализе и оптимизације појединачних и вишеструких одзива процеса развојем хибридних оптимизационих модела применом фази Taguchi -

методологије. Развој хибридних вишеодзивних оптимизационих модела фокусиран је на оптимизацију процеса производње и технолошких поступака са циљем побољшања вишеструких одзива процеса, анализе, идентификације и утврђивања ефеката дејства контролабилних технолошких процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса (Gupta et al., 2011; Abda et al., 2016; Rajabloo et al., 2014).

Ефикасно функционисање компанија за производњу производа од пластичних маса подразумева дефинисање стратегијских и оперативних циљева. Сагледавање и дефинисање циљева представља примарни задатак, али и основни услов за наставак континуалног функционисања. Утврђивањем оптималних поставки параметара процеса критички се утиче на продуктивност, квалитет и трошкове производње у индустријама за прераду полимера (Raju et al., 2014). На основу доступне литературе широког литературног прегледа, литературни преглед открива да највећи број водећих радова углавном разматра парцијалну оптимизацију, односно побољшање једног одзива процеса. За оптимизацију појединачних одзива процеса, примениће се Taguchi метода (Ariani et al., 2019; Pawar et al., 2017; Kerealmе et al., 2016; Gadekar 2015; Hosseini et al., 2012). Опсервацијом и анализом појединачних одзива процеса у смислу физичких и механичких карактеристика квалитета, није могуће свеобухватно оптимизовати процес производње технолошким поступком екструзије. За случај вишеструких одзива процеса, примениће се фази логичка јединица FLU (енгл. Fuzzy Logic Unit) са циљем да трансформише вишеструке корелиране и конзистентне одзиве процеса у јединствени одзив назван свеобухватна излазна мера-COM (енгл. Comprehensive Output Measure). Анализа варијансе (ANOVA) примениће се за процену најугицајнијих технолошких процесних параметара за проблеме појединачних и вишеструких одзива (Lin et al., 2000; Aggarwal et al., 2008; Bose et al., 2013; Varma et al., 2012). Такође, биће урађена експериментална верификација оптималних технолошких процесних параметара на основу развијеног структурног хибридног оптимизационог модела подешавањем технолошких процесних параметара на оптимални ниво. Разлог примене наведених метода огледа се у формирању вишеодзивног хибридног оптимизационог модела, односно идентификацији кључних технолошких процесних параметара и њихове аналитичке међузависности са вишеструким корелисаним одзивима процеса. Развојем хибридног оптимизационог модела постиже се већи синергетски ефекат него парцијалном оптимизацијом појединачних одзива процеса, а у циљу смањења варијација карактеристика производа, чиме се побољшава квалитет процеса и пројектовању параметра ради одређивања њихових оптималних вредности (Abda et al., 2016; Rajabloo et al., 2014; Gupta et al., 2011). Разлози за избор метода истраживања су логична интеграција два алата за моделовање и оптимизацију, јер без обзира који је алат у питању појединачном применом сви алати имају своје предности и ограничења. Ако су интегрисани логично, предности појединачних алата могу се инволвирати и недостаци се истовремено могу елиминисати. Такави хибридни приступи могу знатно побољшати сложене вишеодзивне процесе и допринети решавању проблема вишеструких карактеристика квалитета производа. Дефинисање стратегије побољшања квалитета у индустрији прераде пластике за оптимално управљање параметрима процеса израде ПВЦ производа технолошким поступком екструзије треба да допринесе постизању оптималнијих технолошких услова производње ПВЦ производа.

Полазни литературни извори:

- [1] Aggarwal, A., Singh, H., Kumar, P., Singh, M. (2008a). Multi-characteristic optimization of CNC turned parts using principal component analysis. *International Journal of Machining and Machinability of Materials*, 3(1/2), 208–223.

- [2] Abda, K., Abharyb K., Marianb, R. (2016). Multi-objective optimisation of dynamic scheduling in robotic flexible assembly cells via fuzzy-based Taguchi approach, *Computers & Industrial Engineering*, 99, 250–259.
- [3] Ayele, A. (2019). “Integrating Taguchi and Response Surface Methodology for Process Parameter Optimization of Extrusion Process”, Case in Ethiopia Plastic Industry, Addis Ababa Institute Of Technology School Of Mechanical And Industrial Engineering.
- [4] Ashish, D., Vikhar1, J.P., Modak, J.P. (2015). Formulation of Approximate, Generalized Field Data Based Mathematical Model for PVC Pipe Manufacturing Process, *International Research Journal of Engineering and Technology* (IRJET), 02 (02).
- [5] Ariani, F., Siregar, K., Syahputri,K., Rizkya, I. (2019). Improving Quality of PVC Pipes Using Taguchi Method, E3S Web of Conferences 125, 22004 ICENIS 2019.
- [6] Barma, D., Roy, J., Saha, S.,C. (2012). Process Parametric Optimization of Submerged Arc Welding by using Utility based Taguchi Concept, *Journal of Advanced Materials Research*, 488-489, 1194-1198.
- [7] Bariran, S. E. S., Sahari , K. S. M. (2013). Taguchi Method-Based Optimization in Plastic Injection Moulding: A Novel Literature Review-Based Classification and Analysis , 1st International Conference On Robust Quality Engineering (ICRQE 2013), Kuala Lumpur, Malaysia, 1-4.
- [8] Bose, P., K., Deb, M., Banerjee, R., Majumder, A. (2013). Multi objective optimization of performance parameters of a single cylinder diesel engine running with hydrogen using a Taguchi-fuzzy based approach, *Energy*, 63, 375-386.
- [9] Behara, U. (2011). Application of Fuzzy Logic and TOPSIS in the Taguchi Method for Multi-Response Optimization in Electrical Discharge Machining (EDM), National Institute of Technology, Rourkela.
- [10] Bolboacă, S., Jäntschi, L. (2007). Design of Experiments: Useful Orthogonal Arrays for Number of Experiments from 4 to 16. *Entropy* , 198-232.
- [11] Gupta, P., Arvind Kumar Lal, A.K., Sharma, R.K., Jai Singh, J. (2007). Analysis of reliability and availability of serial processes of plastic-pipe manufacturing plant A case study, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 24(4), 404-419.
- [12] Gadekar, S., S. (2015).“Defects in extrusion process and their impact on product quality”,3,(3), 87-194.
- [13] Hasenkamp, T., Arvidsson, M., Gremyr, I. (2009). A review of practices for robust design methodology, *Journal of Engineering Design*, 20 (6), 645-657.
- [14] Hosseini, A., Farhangdoost, Kh., Manoochehri M. (2012). Modelling of extrusion process and application of Taguchi method and ANOVA analysis for optimization the parameters, *MECHANIKA*, Volume 18(3): 301-305.
- [15] Hsiang, S.,H., Lin , Y.,W., Lai, J.,W. (2012). Application of fuzzy-based Taguchi method to the optimization of extrusion of magnesium alloy bicycle carriers, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23, 629–638.
- [16] Ikram, A., Mufti, N., Saleem M.,Q., Ahmed Raza Khan, A.,R. (2013). Parametric optimization for surface roughness, kerf and MRR in wire electrical discharge machining (WEDM) using Taguchi design of experiment, *Journal of Mechanical Science and Technology*, 27(7).
- [17] Kamaruddin, S., Khan, Z.A., Foong , SH. (2010). Application of Taguchi method in the optimization of injection moulding parameters for manufacturing products from plastic blend. *IACSIT Int J Eng Technol* 2(6), 574–580.
- [18] Kahraman, C., Ertay, T., Gulcin Buyukozkan, G. (2006). A fuzzy optimization model for QFD planning process using analytic network approach. *European Journal of Operational Research*, 171, 390–411.

- [19] Kumar, P., Barua, P.B., Gaindhar, J.L. (2000). Quality optimization multi- characteristics through Taguchi technique and utility concept. *Quality and Reliability Engineering International*, 16, 475–485.
- [20] Kumar, D., Goyal, S., Joshi R. (2019). Optimization of process parameters in extrusion of PVC pipes, using Taguchi method, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(1), 70-72.
- [21] Kumar, D., Kumar, S. (2015). “Process parameters optimization for HDPE material in Extrusion Blown Film Machinery using Taguchi method”, *International Organization of Scientific Research Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, Volume - 12, Issue -4.
- [22] Kumar, M., Dubey, M., (2015).“Optimization of Process Parameters of Plastic Extrusion in Pipe Manufacturing”, *International Journal of Engineering and Management Research*, Vol.5, Issue.6, Page No. 276-280.
- [23] Karayel, D. (2008). Simulation of direct extrusion process and optimal design of technological parameters using FEM and artificial neural network., *Key Eng Mater*, 367, 185–192.
- [24] Kerealme,S., Srirangarajalu, N., Asmare, A. (2016). Parameter Optimization of Extrusion Machine Producing UPVC Pipes using Taguchi Method: A Case of Amhara Pipe Factory, *International Journal of Engineering Research & Technology*,5(1).
- [25] Kumar, P., Barua, P.B., Gaindher, J.L. (1996). Quality of V-process method through the Taguchi technique. *Quality and Reliability Engineering International* , 12, 421–427.
- [26] Kung, S. M. (2004). CNC milling process optimization using Taguchi-Fuzzy-ANN approach. Master Thesis of National Kaohsiung First University of Science and Technology, Kaohsiung, Taiwan.
- [27] Kim, K. J., Moskowitz, H., Dhingra, A., & Evans, G. (2000). Fuzzy multicriteria models for quality function deployment. *European Journal Operational Research*, 121, 504–518.
- [28] Kimura, F. (2013). IT support for product and process development in Japan and future perspective. *Digital Product and Process Development Systems*, 411, 11–23.
- [29] Liu, H. T., Wang, C. H. (2010). An advanced quality function deployment model using fuzzy analytic network process. *Applied Mathematical Modelling*, 34,3333–3351.
- [30] Lin ,JL., Wang, KS,. Yan BH. (2000). Optimization of electrical discharge machining process based on Taguchi method with fuzzy logics. *Journal of Materials Processing Technology*, 102:48-55.
- [31] Mamalis A.G, Vortselas A.K., Kouzilos G. (2012). Tube-extrusion of polymeric materials: optimization of processing parameters. *Journal of Applied Polymer Science*, 126(1), 186-193.
- [32] Markarian, J. (2008). PVC extrusion: Extruder developments drive productivity improvements for rigid PVC, In *Plastics, Additives and Compounding* 10(6), 22-26.
- [33] Pattnaik S., Karunakar D. B., Jha P. K. (2013). Utility-fuzzy-Taguchi based hybrid approach in investment casting process, Springer Verlag, France.
- [34] Pankaj, P., Sadaphale, D.B. (2018). A Review on Optimization of Extrusion Process Parameters to Reduce Uneven Wall Thickness in HDPE Pipes, *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, Volume 6 Issue XI.
- [35] Pawar, K., Jadhav, S., Dumbre, A., Sunny, A. V., Girish, H. S., Yadav, A. (2017). Experimental Investigation to Optimize the Extrusion Process for PVC Pipe: A Case of Industry, *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas In Education*, 3(2).
- [36] Pita, V.J.R.R., Sampaio, E.E.M., Monteiro, E.E.C. (2002). Mechanical properties evaluation of PVC/plasticizers and PVC/thermoplastic polyurethane blends from extrusion processing, 21, 5, 545-551.

- [37] Pareek, R., Bhamniya, J. (2013). Optimization of Injection Moulding Process using Taguchi and ANOVA. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 1 .
- [38] PVC Pipes Market – Global industry trends, share, size, growth, opportunity and forecast 2017-2022, available at: <http://www.prnewswire.com/news-releases/pvc-pipes-market--global-industry-trends-share-size-growth-opportunity-and-forecast-2017-2022-300420579.html>, Accessed in February 2020.
- [39] Pandey, A.,K., Dubey, A.,K. (2013). Multiple quality optimization in laser cutting of difficult-to-laser-cut material using grey–fuzzy methodology, *Int J Adv Manuf Technol*, 65, 421–431.
- [40] Raju, G., M., Sharma, M., Meena L. (2014). Recent Methods for Optimization of Plastic Extrusion Process: A Literature Review, *International Journal of Advanced Mechanical Engineering*, 4 (6), 2014, 583-588 .
- [41] Rajabloo, T., Ghafarinazari, A., Seyed Faraji, L., Mozafari, M., (2014). Taguchi based fuzzy logic optimization of multiple quality characteristics of cobalt disulfide nanostructures, *Journal of Alloys and Compounds*, 607, 61–66.
- [42] Rauwendaal, Ch. (2017). How to Collect and Interpret Process Data in Extrusion, *Plastics Technology*, Vol. 63 Issue 3, 40-44.
- [43] Refaie, A. (2017). Optimal Performance of Plastic Extrusion Process Using Fuzzy Goal Programming, World Academy of Science, *Engineering and Technology International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 11(3).
- [44] Sandip, S G., Javed, G., Khan, R., Dalu, S. (2015). Analysis of Process Parameters for Optimization of Plastic Extrusion in Pipe Manufacturing, *International Journal of Engineering Research and Applications*, 5(5), 71-74.
- [45] Sharma, G., V., S., S., R., Rao, U., P., Rao S. (2017) .A Taguchi approach on optimal process control parameters for HDPE pipe extrusion process, *J Ind Eng Int*, 13, 215–228.
- [46] Sharma, P., Verma, A., Sidhu, R.K., Pandey, O.P. (2005). Process parameter selection for strontium ferrite sintered magnets using Taguchi L9 orthogonal design, *Journal of Materials Processing Technology*, 168, 147-151.
- [47] Sharma, G., V., S., S., R., Rao, U., P., Rao S. (2017) .A Taguchi approach on optimal process control parameters for HDPE pipe extrusion process, *J Ind Eng Int*, 13, 215–228.
- [48] Tarng, Y., S., Yang, W. H., Juang, S. C. (2000). The Use of Fuzzy Logic in the Taguchi Method for the Optimisation of the Submerged Arc Welding Process, *Int J Adv Manuf Technol*, 16, 688–694.

4. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Полазне хипотезе, којима је дефинисан предмет истраживања, произашле су на основу опсежног прегледа и анализе литературе која се бави проучавањем оптимизације појединачних и вишеструких одзива процеса развојем хибридних оптимизационих модела применом фази Taguchi – методологије (Abda i dr., 2016; Rajabloo i dr., 2014; Gupta i dr., 2011). Стога се основна хипотеза дефинише на следећи начин:

H0: Применом применом фази Taguchi - методологије може се формирати хибридни вишеодзивни оптимизациони модел којим је могуће оптимизовати кључне технолошке параметре процеса производње трослојних цеви од непластифицираног ПВЦ-а технолошким поступком екструзије и успоставити аналитичку међузависност између кључних процесних параметара и вишеструких корелираних одзива процеса.

Поред опште хипотезе, могу се дефинисати и следеће посебне хипотезе.

H1: Могуће је испитати директни утицај технолошких процесних параметара на одзиве процеса разматраних ПВЦ производа, добијених технолошким поступком екструзије.

H2: Оптимални сет процених параметара за један одзив није еквивалентан са сетом процесних параметра који оптимизује други одзив процеса.

H3: Постоји директан утицај технолошког процесног параметара на више појединачних одзива процеса.

H4: Могуће је идентификовати оптимални сет контролних технолошких процесних параметара и оптимизовати вишеструке корелисане одзиве процеса.

H5: Применом фазификације приликом формирања вишеодзивног оптимизациони модела могуће је ублажити непрецизност и нејасноће информација у моделу, чиме би се постигли оптималнији технолошки услови производње ПВЦ производа.

5. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

За успешну реализацију циљева истраживања и потврђивање постављених хипотеза у докторској дисертацији користиће се основне и посебне методе логичког расуђивања и научног сазнања. Од основних метода научног истраживања биће коришћене следеће методе:

- Експериментални метод,
- Метода моделирања,
- Статистички метод.

Такође, поред основних метода користиће се и следеће посебне методе:

- Индуктивна и дедуктивна метода закључивања,
- Аналитичка и синтетичка метода,
- Посебне методе апстракције, генерализације и специјализације,
- Компарација.

За овако дефинисан предмет рада неопходно је применити и следеће специјалне методе:

- Статистичко моделовање одзива процеса у циљу дефинисања S/N односа – Taguchi метода;
- Фази логика и фази скупови у циљу добијања резултата вишеструких одзива процеса;
- Анализа варијансе (ANOVA) у циљу процене ефекта дејства технолошких процесних параметара на појединачне и вишеструке одзиве процеса.

Избор специјалних научних метода одређен је, првенствено чињеницом да постоји шест корака оптимизације производног процеса:

1. Снимање производне линије и на основу снимања утврђивање броја технолошких процесних параметара као и броја нивоа сваког параметра;
2. Утврђивање нивоа технолошких параметара и дефинисање броја експеримента потребних за оптимизацију производног процеса и одабир одређеног Taguchi-jevog ортогоналног низа;

3. Дефинисање одзива процеса;
4. Анализа, синтеза и систематизација резултата одзива процеса и прорачун S/N вредности;
5. Математичко моделовање на основу релевантних података из предходне фазе.
6. Примена фази логике.

6. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Практичани доприноси овог истраживања очекују се кроз развој хибридног оптимизационог модела за процес производње технолошким поступком екструзије ПВЦ производа и на основу резултата верификације оптимума процеса. Развој хибридног оптимизационог модела са вишеструким одзивима процеса производње ПВЦ цеви применом технолошког поступка екструзије, омогући ће успостављање аналитичке међузависности између кључних технолошких процесних параметара и вишеструких одзива процеса посматраних кроз физичке и механичке карактеристике квалитета производа. На тај начин, компанијама за прераду полимера и производњу предмета од пластичних маса биће могуће предложити резултате истраживања а са намером њихове практичне примене. Очекује се да оптимизовани процес допринесе побољшању вишеструких карактеристика квалитета. Такође, да се током периода експлоатације производа минимизира могућност деградације оних карактеристика које су за кориснике најзначајније, смањењу трошкова производње – производњу без шкарта, стварању генеричких, власничких и нових знања о производу и процесу која се могу применити на будуће производе.

Стога, генерално очекивани резултати истраживања су следећи:

- Применом фази Taguchi методологије пројектоваће се хибридни оптимизациони модел којим ће бити могућа вишеодзивна оптимизација процеса производње трослојне ПВЦ цеви технолошким поступком екструзије, чиме се постиже подизање нивоа квалитета;
- Утврдиће се ефекат дејства и аналитичка међузависност између контролабилних технолошких процесних параметара појединачних и вишеструких одзива процеса;
- Утврдиће се који сет пројектованих контролабилних технолошких процесних параметра даје оптималан ефекат на физичке и механичке карактеристике производа, робустан квалитет и поузданост процеса;
- Дефинисаће се одговори који доприносе разумевању сложених односа интеракција између технолошких параметара процеса и вишеструких одзива процеса.

7. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања, који одређује ток рада на дисертацији, састоји се из следећих фаза:

- Проучавање релевантних извора литературе;
- Прикупљање података из резултата сличних истраживања;
- Прикупљање релевантних података потребних за истраживање (подаци о процесима производње, технолошким поступцима, одзивима процеса) који могу бити предмет истраживања;

- Прикупљање осталих података релевантних за истраживање (материјали и стандарди);
- Формирање структурног вишеодзивног хибридног оптимизационог модела за оптимизацију процеса производње цеви од непластифицираног ПВЦ-а технолошким поступком екструзије;
- Реализација експерименталног плана истраживања;
- Испитивање и мерење;
- Примена Taguchi методе и анализа варијансе (ANOVA) за оптимизацију појединачних одзива процеса;
- Примена фази логике и анализа варијансе (ANOVA) за оптимизацију вишеструких одзива процеса;
- Експериментална верификација аналитички дефинисаног оптимума.

Оријентициони садржај докторске дисертације се састоји из следећих поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Теоријски оквир истраживања
3. Методолошки оквир истраживања
4. Резултати истраживања
5. Дискусија
6. Закључак
7. Литература
8. Прилози
9. Биографија.

Наведена поглавља представљају полазну основу. Ток истраживања може у великој мери утицати на њихову даљу разраду.

Начин избора, величина и конструкција узорка

За потребе истраживања биће коришћени релевантни подаци из евиденције производне документације, извршиће се анализа рекламација на производ од стране купаца са циљем утврђивања основа рекламације, лабораторијски извештаја предходних испитивања и мерења, стручна литература и мишљења стручњака из компаније „Пештан“ која ће бити обрађена одговарајућим методама и алатима. Након анализе постака и снимања производне линије за процес производње предмета истраживања, детерминисања броја технолошких процесних параметара и броја нивоа сваког параметра, примениће се браинсторминг концепт за селекцију и одабир процесних параметра. На основу наведеног, дефинисаће се потребан број експеримената и одабир одређеног Taguchi-јевог ортогоналног низа, за дефинисање, селекцију и одабир одзива процеса посматраних кроз карактеристике квалитета производа.

Место експерименталног истраживања

Експериментално истраживање ће бити реализовано у компанији за производњу и дистрибуцију производа од пластичних маса „Пештан“ из Аранђеловца, у погону за производњу финалних производа технолошким поступком екструзије ПВЦ-а. Поступак испитивања и мерења реализоваће се у акредитованој Лабораторији компаније „Пештан“, применом метода и поступка дефинисаних захтевима стандарда.

Експериментала верификација аналитички дефинисаног оптимума биће реализована у компанији Пештан из Аранђеловца након развоја и формирања структурног хибридног оптимизационог модела. Поступак испитивања и мерења реализоваће се у акредитованој Лабораторији компаније Пештан, применом метода и поступака дефинисаних захтевима стандарда.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом података из пријаве теме за израду докторске дисертације кандидата Александра Крстића, студента докторских студија на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду, Комисија закључује да је предложена тема актуелна и подобна за израду докторске дисертације, као и да пружа могућност остваривања значајног научног доприноса. Кандидат испуњава све законом предвиђене услове и има истраживачке способности за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Имајући у виду све наведено, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, да кандидату Александру Крстићу одобри израду докторске дисертације под називом: **„РАЗВОЈ И ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА ХИБРИДНОГ ВИШЕОДЗИВНОГ МОДЕЛА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ОПТИМИЗАЦИЈУ ПАРАМЕТАРА ПРОЦЕСА ТЕХНОЛОШКОГ ПОСТУПКА ЕКСТРУЗИЈЕ“**, у оквиру уже научне области Индустријско инжењерство/инжењерски менаџмент, за коју је Технички факултет у Бору акредитовао докторске студије.

За ментора докторске дисертације предлаже се проф. др Ђорђе Николић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, који има већи број публикованих радова у часописима са СЦИ листе.

У Бору, април 2022. године

1. Проф. др Снежана Урошевић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, председница комисије

2. Проф. др Предраг Ђорђевић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору, члан комисије

3. Проф. др Милош Папић, ванредни професор
Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку, члан комисије
