

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

ПРЕДМЕТ: Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број: 01-1/4469-10 од 19. 11. 2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук. и теме докторске дисертације под насловом:

"УНАПРЕЂЕЊЕ КЉУЧНИХ ИНДИКАТОРА ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВАЊА У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА"

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/3298-2 од 20.11.2013.године, а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

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

Докторска дисертација кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук. под називом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства“, представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на унапређење кључних индикатор перформанси пословања у индустрији ливарства. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова докторска дисертација представља јединствен научни рад.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компетентних светских истраживача из области истраживања ове докторске дисертације. На основу спроведене анализе предности и недостатака до сада коришћених приступа у овој области, као и метода и модела, кандидат је дефинисао предмет и циљ сопствених истраживања.

Са аспекта истраживачке области и добијених резултата, ова дисертација представља јединствени научни рад на националном нивоу, при чему одређени број елемената, приступа и резултата има општи научни значај.

Кандидат је извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања, искустава и научних резултата компететних светских истраживача у области истраживања ове докторске дисертације. Извршио је снимање стања у индустрији ливарства у Србији и упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница. Дошао је до сазнања о приоритетима српским ливницама, њиховим стратегијама и развојним плановима у погледу будућих инвестиција које треба да резултирају побољшаном ефикасношћу процеса и ресурса. На основу спроведене анализе кандидат је формулисао и развио оригиналну методологију и *BSC* модел за унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. На основу предложеног модела, коришћењем модификованог софтвера *BSC DESIGNER*, развијено решење омогућило је примену развијеног модела и концепта, као и његову валидацију и верификацију користећи прикупљене податке из реалних система (шест најзначајних српских ливница). Како би утицао на унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, кандидат је на примеру ливнице Гуча, спровео експериментална истраживања применом метода вектора подршке (*Support Vector Machine - SVM*) и оптимизацију процеса ливења применом *Box-Wilsonovog* метода.

Наведеним унапређењима постигнут је синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства. Такође, кандидат је испитао утицај организационог учења на финансијске перспективе ливнице и утврдио линеарну зависност између нивоа знања и финансијске перспективе.

Резултати и закључци ове дисертације отварају простор и правце за даља истраживања у овој научној области укључивањем других метода, и то фази (*Fuzzy*) логике приликом испитивања утицаја организационог учења, преко интерних процеса и задовољства купаца на финансијске перспективе у ливницама, затим проширење истраживања о кључним индикаторима перформанси пословања у индустрији ливарства на земље окружења како би се извршило егзактно поређење с нашим економским условима, адаптацију развијених модела на мање ливнице, рад на комерцијализацији представљених модела и унапређење предложених решења. По мишљењу комисије, дисертација са становишта развоја области индустријског инжењерства има посебан значај зато што се бави проблемима унапређења кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства као и применом *BSC* модела и напредних математичких алата заснованих на теорији статистичког учења.

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

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук., под насловом „**Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства**“, представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области индустријског инжењерства. Кандидат је тему обрадио студиозно и детаљно, користећи при томе теоријске основе научних дисциплина релевантних за ову проблематику. Критички је анализирао и вредновао бројне научне радове који се односе на проблематику разматрану у оквиру ове дисертације.

Оригиналноста научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове дисертације огледа се, између осталог, у следећим елементима:

- Прегледом и анализом релевантних научних радова из области ливарства и индустријског инжењерства, кандидат је закључио да не постоје истраживања у погледу снимања стања у индустрији ливарства у Србији и упоређивања (бенчмаркинга) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница. У том смислу, ова докторска дисертација представља једно од првих систематских истраживања ове врсте.
- Применом бенчмаркинг метода спроведено је истраживање о нивоу кључних индикатора перформанси пословања на нивоу српских ливница и извршено је њихово поређење с кључним индикаторима ливница у ЕУ, Русији и свету.
- Како би се утицало на унапређење кључни индикатори перформанси пословања у индустрији ливарства, на примеру ливнице Гуча, спроведена су експериментална истраживања применом *SVM* метода и оптимизација процеса ливења применом *Box-Wilsonovog metoda*. *SVM* метод за предикцију нивоа хабања флотационих кугли и дефинисање оптималне количине хрома у легури за ливење кугли развијен је применом функције регресије (*Support Vector Regression - SVR*). Циљ истраживања у другом експерименту био је успостављање зависности између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, масе кугле у алату, времена држања лива у алату и тврдоће одливака, односно оптимизација процеса ливења применом *Box-Wilsonovog metoda*.
- Да би се утврдила ефективност пословних процеса у ливницама примењен је *BSC* концепт. Коришћењем модификованог софтвера *BSC DESIGNER* извршено је мерење перформанси базирано на четири перспективе у шест српских ливница.
- Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница. Утврђена је линеарна зависност између нивоа знања и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-2013. година, методом вишеструке линеарне регресије.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одговарајућој научној области

Александар (Илија) Јовичић је рођен 27.07.1977. године у Чачку, Република Србија. Основну школу завршио је у Вичи, а Техничку школу машинског смера у Гучи, као ђак генерације. Студије првог степена завршио је 2006. године на Техничком Факултету у Чачку, одбравивши завршни рад на катедри за техничку механику на тему: „Развој конструкције лабораторијског уређаја за мерење напона при сложеном напрезању“ с оценом (10), стекавши звање инжењер машинства. На истом факултету 2008. године на катедри за производно машинство одбранио је дипломски рад на тему: „Примена *CAD/CAM* технологије у изради алата за машинско калуповање“ с оценом (10). На Факултету организационих наука Унивезитета у Београду 2009. године

завршио је мастер студије с просечном оценом (9,23), смер управљање квалитетом одбранивши мастер рад на тему: „Оптимизација у функцији стандардизације одливака од нискохромираног белог ливеног гвожђа“ с оценом (10). На докторске академске студије уписује се је школске 2010./2011.године на Машински факултет у Крагујевцу (сада Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу), научна област Индустијски инжењеринг под менторством проф. др Славка Арсовског. На докторским студијама положио је све испите предвиђене наставним планом и програмом.

Кандидат је са седмогодишњим радним искуством у Индустијском комбинату „Гуча“ а.д. Гуча које се односи на:

- послове машинског инжењера конструктора у сектору за развој и техничке послове,
- послове менаџера квалитета,
- послове консалтинга (консултантско-пројектантски) из области система квалитета, система менаџмента заштитом животне средине и система безбедности и здравља на раду,
- послове имплементације *IPPC* директиве.

У периоду од 2007. године до 2008. године као машински инжењер конструктор у сектору за развој и техничке послове Индустијског комбинат „Гуча“ а.д. Гуча, учествује на монтажи опреме на „*Disamatik*“ линији за аутоматско калуповање и линији за аутоматску припрему песка. Ради на пројектовању и изради алата за ливење применом савремених метода развоја производа и модерне технологије његове израде у свим фазама развоја производа, почевши од конструкције одливка, припреме ливачке технологије до крајње обраде комада на *CNC* машинама.

Од 2008. године до октобра 2014. године ради као менаџер квалитета у Индустијском комбинату „Гуча“ а.д. Гуча. Од новембра 2014. године ради као консултант система менаџмента.

Кандидат је, као члан тима за имплементацију система менаџмента на нивоу Концерна „Фармаком МБ“ Шабац, радио на увођењу и унапређењу система менаџмента према захтевима стандарда ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 и OHSAS 18001:2007 у друштвима која су чланице Концерна „Фармаком МБ“ Шабац у области металне индустрије у оквиру које послују следећа предузећа: Индустијски комбинат „Гуча“ а.д. Гуча сертификован од стране TÜV Rheinland, Ливница Пожега сертификована од стране TÜV SÜD, Фабрика акумулатора Сомбор сертификована од стране Quality Austria и Рудници и топионица Зајача сертификован од стране *TÜV Rheinland*, као и области пољопривреде у оквиру које послују два друштва Млекара Шабац и Пољопривредно индустријски комбинат „7. јули“ у Дебрцу сертификована од стране Quality Austria.

Консултантске услуге обављао је и у друштвима која нису чланице Концерна „Фармаком МБ“ Шабац. То су „Стара Варош“ Топола која послује у области металне индустрије (сертификована према захтевима стандарда ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 и OHSAS 18001:2007 од стране TÜV Rheinland), као и друштво „Аурора“ Лучани, које послује у области хемијске индустрије, сертификовано од стране сертификационе куће Standcert Београд према захтевима стандарда ISO 9001:2008 и ISO 14001:2004. Такође, консултантске услуге обављао је у друштву Maxima d.o.o. Lučani, које се бави производњом боја, где је извршена сертификација система менаџмента према

захтевима стандарда ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 i OHSAS 18001:2007 од стране TÜV Rheinland.

Консултантско-пројектантске услуге је обављао у виду снимања постојећег стања, анализе и оцене постојећег стања у односу на захтеве стандарда, формирања документације *QMS-a*, *EMS-a*, *OHSAS-a* (пословника, процедура, планова и записа) пројектовања и примене документације, обезбеђења мерења и унапређења процеса.

Кандидат је био члан тима Концерна „Фармаком МБ“ Шабац који је у септембру 2011. године припремио и представио планове за решавање главних еколошких и социјалних питања како би се обезбедило да Пројекат Међународне финансијске корпорације (*IFC*), чланице Групаације Светске банке, буде у складу с еколошким и социјалним захтевима – законима и прописима Републике Србије и социјалним и еколошким стандардима учинка *IFC*-а и смерницама групе Светске банке (*WBG*) за заштиту животне средине, здравља и безбедности (*EHS*).

У изради документације за издавање интегрисане (*IPPC*) дозволе, учествовао је у делу који се односи на коришћење најбољих доступних техника у производњи сивог, челичног и нодуларног лива, везано за опис постројења, производног процеса и процеса рада, достављање података о најбољој доступној техници која је коришћена за процену процеса, као и упоређивање процеса које се обавља у односу на релевантни *BAT*, Плана за ефикасно коришћење енергије у Индустијском комбинату “Гуча” а.д. Гуча и Плана мера прилагођавања рада постојећег постројења прописаним условима *IPPC* директиве.

Кандидат је учествовао у припреми техничке документације за увођење *CE* знака ради потврде да је производ у складу са одговарајућом директивом за одређени тип производа а припремао је и документације за признавање индивидуалних жигова.

Израда докторске дисертације под називом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства“ одобрена је 18.12.2013. године.

У досадашњем научно-истраживачком раду, Александар Јовичић је, као аутор или као коаутор, објавио 9 научних радова (2 рада у међународним часописима, 5 радова у домаћим часописима и 2 рада на међународним конференцијама).

Радови у врхунским међународним часописима (M21) – један рад

1. R.Slavkovic, Z. Jugovic, S. Dragicevic, **A. Jovicic**, V. Slavkovic: An application of learning machine methods in prediction of wear rate of wear resistant casting parts, *Computers & Industrial Engineering*, ISSN 0360-8352 Volume 64, Issue 3, March 2013, Pages 850–857.

Projekat Ministry of Science and Technological development of the Republic of Serbia. [I.50996,TR.35037]

Радови у међународним часописима (M23) – један рад

1. R. Slavkovic, S. Arsovski, A. Veg, Z. Jugović, **A. Jovicic**, N. Dučić: Casting Process Optimization by the Regression Analysis Applid on the Wear Resistant Parts Molding, *Tehnički vjesnik* 19, 1(2012), 141-146., ISSN 1330-3651.

Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33) - два рада

1. **A. Jovicic:** Optimization in the Process of Standardization of Low Chrome White Cast Iron Casting, in: Proceedings of 5th International Quality Conference, Kragujevac, Serbia, pp. 315-323, 2011.
2. Slavkovic Radomir, Jugovic Zvonimir, Dragicevic Snezana, Arsovski Slavko, **Jovicic Aleksandar**, Slavkovic Vladimir, A Study of wear Rate Estimation of Casting Parts by Support Vector Machine, 16th International research&expert conference "Trends in the development of machinery and associated technology", p.619-622, TMT 10-12 september 2012, Dubai, UAE.

Саопштења са скупова националног значаја штампана у изводу (M64) – пет радова;

1. **A. Jovicic:** Demand management casting abrasion resistant, 39. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija, ISBN: 978-86-86663-83-2., June 07.- 09. 2012.
2. **A. Jovicic:** Quality management flotation balls using box – Wilson gradial method, 38. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Mašinski fakultet, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija, ISBN: 978-86-86663-69-6., May 19.-21. 2011.
3. **Jovicic Aleksandar**, Ivan Macuzic, Marko Djapan: Improving the quality of the technological process in IK "Guca" ad based on value stream mapping, 40. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija, May 23.- 25. 2013.
4. **Jovicic Aleksandar:** Improving energy efficiency based on energy balance in IK "Guca" AD, 40. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija, May 23.- 25. 2013.
5. **Jovicic Aleksandar:** Key performance indicators of industrial foundry, 41. Nacionalna konferencija o kvalitetu, Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija, May 22.- 22. 2014.

2. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук. под називом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства“, одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 199 страна (уз додатне 53 стране прилога у електронском облику). У раду су приказане 83 графичке илустрације, 86 табела и цитирано је 130 библиографска податка. Излагање је сврстано у 9 поглавља:

1. Увод
2. Стање ливница у Србији, Европској унији, Русији и свету
3. Технолошки процеси у индустрији ливарства
4. Индикатори перформанси у индустрији ливарства
5. Бенчмаркинг *KPI*-а
6. *BSC* концепт
7. Приступ унапређењу технолошког процеса (*DoE*) - ефекти

8. Резултати испитивања

9. Закључак

У поглављу 1 (*Увод*) је дефинисан значај и циљ истраживања дисертације као и теоретска позадина истраживања. Представљене су полазне хипотезе уз основне дефиниције и објашњења појмова који су неопходни за разумевање проблема дисертације. Описане су методе и технике истраживања. На крају поглавља су дати очекивани резултати истраживања и оквирни садржај истраживања.

Поглавље 2 (*Стање ливница у Србији, Европској унији, Русији и свету*) даје преглед стања ливница у Србији, Европској унији, Русији и свету. Приказан је историјат развоја ливарства у Србији. Дефинисан је проблем и направљен је план истраживања полазне хипотезе која се односи на кључне индикаторе перформанси пословања у српским ливницама и претпоставку да су они на nižем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Формулисан је анкетни упитник и утврђени су извори података за спровођење анкетирања. Утврђен је план прикупљања података, дефинисана је статистичка популација, јединица узорка, величина узорка, истраживачки инструмент, метод прикупљања и обраде података као и време спровођења анкетирања у циљу доказивања полазне хипотезе.

У поглављу 3 (*Технолошки процеси у индустрији ливарства*) приказани су сви трансформациони процеси у којима се улази (енергија, вода, улазни материјали) претварају у излазе - производ/одливак кроз низ активности и под дејством низа фактора. Узимајући у обзир податке о најбољој доступној техници *BAT* које оператер постројења примењује или планира да примени ради смањења загађења приказани су процеси: пријема улазних сировина и материјала, припреме материјала, топљења материјала у пећима и припрема за ливење, израде алата, израде калупа и припреме песка, ливења, истресања одливака и финалне обраде одливака. Наведени процеси су приказани узимајући у обзир анализу *BREF* докумената и упоређивање постојећег стања, на терену с *BREF* препорукама уз предлог за унапређење, тамо где је то неопходно, и на основу израде захтева за издавање интегрисане *IPPC* дозволе, који се односи на коришћење најбољих доступних техника у производњи сивог, челичног и нодуларног лива, и који подразумева опис постројења, производног процеса и процеса рада, податке о најбољој доступној техници која је коришћена за процену процеса, као и упоређивање процеса које се обавља у односу на релевантни *BAT*.

У поглављу 4 (*Индикатори перформанси пословања у индустрији ливарства*) дефинише се сврха мерења и мере перформанси кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства. У овом поглављу извршена је идентификација и дефинисање параметара: процесног приноса; ефикасности производње; искоришћености опреме; потрошње енергије на топљењу; потрошње песка; потрошње воде; радне продуктивности, као и индикатори који се односе на заштиту животне средине и квалитета у индустрији ливарства на бази *BSC-a*.

У поглављу 5 (*Бенчмаркинг – KPI*) описан је бенчмаркинг метод. Како би се добили оквирни резултати о кључним индикаторима перформанси пословања ливница и показало како функционише систем мерења перформанси, спроведено је „пилот“ истраживање у ливници Гуча. Извршено је поређење кључних индикатора перформанси ливнице Гуча с кључним индикаторима ливница у Европској унији, Русији и свету. Након „пилот“ истраживања, по истој методологији спроведено је истраживање кључних индикатора перформанси пословања на нивоу српских ливница и извршено је

њихово поређење с кључним индикаторима ливница у Европи и Русији. Хипотеза 1 је проверена и доказана што представља основу даљег истраживања.

У поглављу 6 (*BSC концепт*) – које се односи на хипотезу да се применом *BSC* метода исказује ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења, говори се о *BSC* концепту при мерењу перформанси базираном на четири перспективе. Размотрен је *BSC* концепт при мерењу перформанси и имплементацији стратегије у ливницама. Коришћењем софтвера *BSC DESIGNER*, на основу упитника, утврђени су кључни индикатори балансираних мерила перформанси пословања ливнице Гуча и других пет српских ливница. Након утврђивања мерила перформанси, спровођењем „пилот“ истраживања у ливници Гуча утврђене су: финансијске перспективе, перспективе односа с купцима, перспективе интерних процеса и перспективе учења и раста. Размотрена је анализа утицаја сваке перспективе на пословање ливнице Гуча с освртом на конкретне примере из праксе. „Пилот“ истраживање послужило је да би се спровело истраживање о перспективама српских ливница за шест најзначајних ливница у Србији. У овом делу се такође даје концептуални приказ и практични део решења у индустрији ливарства који приказују процес мерења балансираних мерила перформанси и утврђивање перспектива српских ливница, применом софтверског решења као једног могућег приступа овом проблему. Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, као јединог трајног извора конкурентске предности предузећа на тржишту, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница.

У поглављу 7 (*Приступ унапређењу технолошког процеса (DoE – ефекти)*) утврђен је план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања хипотезе која се односи на *SVM* моодел и претпоставку да се он може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама. Детаљно је описано извођење експеримента, испитивање тврдоће одливака (флотационих кугли) и испитивање хемијског састава одливака. Експериментално је одређен ниво хабања одливака. Представљен је развијени *SVM* модел. Спроведене су тест и тренинг фазе а након тога и примена развијеног *SVM* модела у процесу легирања. Такође, у оквиру овог поглавља приказан је план спровођења експерименталних истраживања у циљу доказивања хипотезе која се односи на оптимизацију процеса ливења регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање. За постављену хипотезу извршена је разрада модела, извршен је избор и дефинисани су факторски нивои и утврђен је план експеримента. Направљена је матрица планирања експеримента. У оквиру спровођења експеримента извршен је избор експеримента а то је потпуни вишефакторни план експеримента који се још назива и метод површине реаговања или одзива. Урађен је пројекат експеримента и постављен је експериментални систем. Експеримент је извршен с умереном и тестираном контролном опремом уз дефинисане услове извођења. На крају је извршена обрада резултата и изведен је закључак.

У поглављу 8 (*Резултати испитивања*) приказани су резултати испитивања у складу с постављеним хипотезама. Снимањем стања у индустрији ливарства у Србији и упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница утврђено је да су сви кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Како би се утицало на унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства, на примеру ливнице Гуча, спроведена су експериментална истраживања применом *SVM* метода и *Box-Wilsonovog* метода. Резултати наведених примера и резултати добијени у процесу тестирања развијеног *SVM* модела показују да се исти може успешно применити за предикцију нивоа хабања

флотационих кугли у процесу млевења руде бакра али и за дефинисање оптималне количине хрома у легури течног метала за ливење флотационих кугли. У другом експерименту применом *Box-Wilsonovog* метода, успостављена је зависност између параметара ливења: температуре ливења нискохромног белог ливеног гвожђа, масе кугле у алату, времена држања лива у алату и тврдоће одливака, односно извршена је оптимизацији процеса ливења. С обзиром на приказану металографску анализу, функционалном зависношћу $HRC = 21.254 \cdot T^{0.161} \cdot t^{-0.0086} \cdot Q^{-0.0538}$ датом у коначном облику може се успешно утицати на тврдоћу кугле као основног индикатора квалитета под условима производног процеса ливења кугли од нискохромног белог ливеног гвожђа. Оптимизацијом процеса ливења постигнут је синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства. Да би се утврдила ефективност пословних процеса у ливницама примењен је *BSC* концепт. Коришћењем софтвера *BSC DESIGNER* извршено је мерење перформанси базирано на четири перспективе у шест српских ливница. Најбољи резултат, према истраживању има ливница Гуча чији *BSC* износи 75,38%, затим следе ливнице Пожега са 74,93%, Зрењанин са 72,38% и Кикинда са 71,42% док нешто нижи резултат имају ливница Ниш са 69,62% и ливница Топола са 69,58%. Испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница. Утврђена је линеарна зависност између нивоа знања и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-2013. година, методом вишеструке линеарне регресије.

У поглављу 9 (*Закључак*) представљена је анализа хипотеза, извршена на основу добијених резултата. Такође, дефинисани су правци будућих истраживања. Потврђена је прва хипотеза. Сви кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама су на nižем нивоу у односу на европске и руске ливнице. Хипотеза је проверена и доказана детаљном анализом релевантне литературе која је настала пре и након пријаве дисертације, као и анализом испитиваног узорка на шест највећих српских ливница. Потврђена је друга хипотеза. *SVM* модел се може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама. Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у ливници Гуча и РТБ Бору где је тестиран развијени алгоритам помоћу одговарајућих рачунарских програма. Потврђена је трећа хипотеза. Оптимизацију процеса ливења могуће је остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање. Хипотеза је потврђена анализом добијених резултата у ливници Гуча и РТБ Бору где је тестиран развијени алгоритам помоћу одговарајућих рачунарских програма. Потврђена је четврта хипотеза. Применом *BSC* метода исказује се ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења. Сама провера је урађена применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и приказан је степен остварења пословних циљева у шест српских ливница. Након утврђивања степена остварених циљева испитан је утицај организационог учења у српским ливницама, преко интерних процеса на финансијске перспективе ливница. Утврђено је да постоји линеарна зависности између нивоа знања и финансијске перспективе изражене преко стопе *EBITDA* - добити пре одбитка амортизације, камата и пореза на добит, у ливници Гуча за посматрани период 2005.-2013. година, методом вишеструке линеарне регресије. Правци даљих истраживања подразумевају: а) укључивање других метода, пре свега фази (*Fuzzy*) логике приликом испитивања утицаја организационог учења, преко интерних процеса и задовољства купаца на финансијске перспективе у ливницама; б) проширење истраживања на земље окружења како би се извршило егзактно поређење с нашим економским условима; в) адаптацију развијених модела на мање ливнице и г) рад на комерцијализацији представљених модела.

На крају дисертације дат је преглед библиографских података коришћених у истраживању у оквиру докторске дисертације.

Као додатак дисертације дат је преглед прилога коришћених у истраживању у оквиру докторске дисертације. У прилогу дисертације [прилог 1] приложена је форма и изјаве анкетног упитника за одређивање кључних индикатора перформанси пословања за шест српских ливница и приложено је пропратно писмо (прилог 2). За потребе утврђивања линеарне зависности између нивоа знања, нивоа интерних процеса и финансијских перспектива приложени су подаци за ливницу Гуча у периоду 2005.-2013.година.[прилог 3]

3. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Александар Јовичић, маг. инж. организ. наук. је у оквиру докторске дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у области индустријског инжењерства. У оквиру рада на дисертацији кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- извршено је снимање стања у индустрији ливарства у Србији и извршено је упоређивање (бенчмаркинг) перформанси српских ливница с перформансама европских, руских и светских ливница;
- дефинисан је *BSC* модел за ливнице;
- на бази модела реализовано је и примењено у реалном окружењу софтверско решење применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и на бази њега приказан степен остварења пословних циљева у српским ливницама;
- потврђено је да су кључни индикатори перформанси пословања у српским ливницама на нижем нивоу у односу на европске и руске ливнице;
- потврђено је да се *SVM* модел може успешно користити при унапређењу технолошких процеса у ливницама;
- потврђено је да се оптимизација процеса ливења може остварити регресионом анализом примењеном на одливке отпорне на хабање;
- потврђено је да се применом *BSC* метода исказује ефективност пословних процеса у ливницама, а на бази тога ниво организационог учења.

4. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати докторске дисертације кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук., под насловом „Унапређење кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства“, примењиви су како у теорији, тако и у пракси.

Кроз научно-истраживачки рад на овој дисертацији кандидат даје одговоре на одређена питања и поставља хипотезе, али и долази до нових питања која отварају низ нових праваца истраживања у области индустријског инжењерства.

Допринос ове дисертације се може посматрати из научне перспективе и

перспективе пословне праксе. У научном смислу, допринос дисертације се може сегментирати на следећи начин: а) утврђивање и дефинисање *BSC* модела за ливнице са аспекта кључних индикатора перформанси пословања српских ливница у односу на европске, руске и светске ливнице; б) утврђивању кључних индикатора перформанси пословања у индустрији ливарства за српске ливнице.

Мишљења смо да се презентовани модел може модификовати и применити и на остале организације који нису били предмет дисертације.

Практични допринос дисертацији се односе на:

- израду софтверског решења применом модификованог софтвера *BSC DESIGNER* и његову примену у српским ливницама;
- унапређење технолошког процеса у ливници Гуча применом *SVM* метода на примеру одливака отпорних на хабање. Применом развијеног модела на примеру легура за ливење, које одговарају реалним производним условима уочено је да: а) примаран утицај на ниво хабања флотационих кугли има тврдоћа (већа тврдоћа даје већу отпорност на хабање – нижи ниво хабања) и да се при мањим вредностима тврдоће отпорност на хабање може побољшати повећаним садржајем мангана у легури. У овом случају треба имати у виду да је ударна жилавост важна карактеристика флотационих кугли и да су најбољи показатељи за ударну жилавост флотационих кугли при вредностима тврдоће (57-58) *HRC* (превисока тврдоћа слаби ударну жилавост); б) код флотационих кугли тврдоће 58 *HRC* најбољу отпорност на хабање дају легуре са садржајем хрома $Cr = (2.5-2.65\%)$ и мангана $Mn = (0.5-0.65\%)$. в) Резултати наведених примера и резултати добијени у процесу тестирања развијеног *SVM* модела показују да се исти може успешно применити за предикцију нивоа хабања флотационих кугли у процесу млевења руде бакра. Такође, успешно се може користити за дефинисање оптималне количине хрома у легури течног метала за ливење флотационих кугли.
- оптимизацију процеса ливења применом регресионе анализе на примеру одливака отпорних на хабање у ливници Гуча. Експеримент је показао да се у технолошком процесу припреме руде бакра (флотација) могу користити две врсте ливених флотационих кугли: а) високохромне кугле (10-12)%*Cr* ливене у пешчаним калупима, а након тога одговарајућом термичком обрадом доведене на потребне механичке карактеристике, и б) нискохромне кугле (2.2-2.8)%*Cr* ливене у металним калупима принудно хлађене водом ради обезбеђења потребне рекристализације. Друга технологија, с обзиром на хемијски састав и непостојање накнадне термичке обраде, је доста економичнија, али само уз одговарајуће технолошке параметаре (температура ливења, време хлађења у алату, проток расхладног флуида) обезбеђује потребан квалитет кугли. Верификација квалитета кугли извршена је металографском анализом површине пресека кугле по пречнику и мерењем одговарајуће тврдоће на истој површини за узорак кугле ливене претходном технологијом и за узорак кугле ливене у условима експеримента. Оптимизацијом процеса ливења постигнут је синергијски ефекат на кључне индикаторе перформанси пословања у индустрији ливарства.
- унапређење кључних индикатора перформанси пословања на примеру

ливнице Гуча и повећање ефективност пословних процеса у ливници применом *BSC* модела.

5. Начини презентирања резултата научној јавности

Део научних резултата, који су резултат истраживања добијених израдом ове докторске дисертације је презентован објављивањем научних радова у међународним и националним научним часописима, као и на међународним научним скуповима.

Практични аспекти реализованог научно-истраживачког рада представљени су домаћој научној и стручној јавности и кроз реализацију пројеката (*I.50996* и *TP.35037*), које је финансирало Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље публикавање у високо ранжираним међународним и националним научним часописима и на скуповима, који се баве проблематиком индустријског инжењерства.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук. у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. број 01-1/3298-2 од 20.11.2013.године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу с универзитетским нормама.

У току израде докторске дисертације, кандидат Александар Јовичић, маг. инж. организ. наук. је дошао до оригиналних научних резултата, приказаних у дисертацији, која представљају значајан допринос у области индустријског инжењерства. Део резултата је публикован у више радова на међународним скуповима.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност системског приступа и коришћења литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање и лично искуство, показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу дефинисања интегративних закључака и добијања конкретних и апликативних резултата.

На основу свега претходно наведеног, Комисија за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Александра Јовичића, маг. инж. организ. наук., једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом

"УНАПРЕЂЕЊЕ КЉУЧНИХ ИНДИКАТОРА ПЕРФОРМАНСИ ПОСЛОВАЊА У ИНДУСТРИЈИ ЛИВАРСТВА"

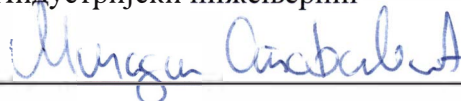
по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да на основу овог Извештаја, докторску дисертацију прихвати као успешну и да кандидата позове на јавну, усмену одбрану.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:


1. Др Славко Арсовски, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг



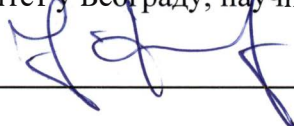
2. Др Миладин Стефановић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг



3. Др Радомир Славковић, редовни професор, Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу, научна област: Производне технологије



4. Др Јован Филиповић, редовни професор, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, научна област: Управљање квалитетом



5. Др Драган Адамовић, редовни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу, научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг



У Крагујевцу,
јануар 2016. године