

## НАЗИВ ФАКУЛТЕТА Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовао комисију 02.12.2011. Стручно веће техничко-технолошке науке, Сенат Универзитета у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проф. др Звонко Сајферт, ред.проф., Менаџмент, 23.12.2008. , Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину, председник комисије</li> <li>• проф. др Илија Ђосић, ред.проф., Производни системи, Организација и менаџмент, 15.11.2003., Факултет техничких наука, Нови Сад</li> <li>• проф. др Милан Николић, ван. проф., Менаџмент, 23.6.2010. , Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину</li> <li>• проф.др Градимир Ивановић, ред. проф., Машински факултет, Универзитет у Београду, Београд</li> <li>• проф. др Миливој Кларин, ред.проф., Индустриско инжењерство, 18.3.2009., Технички факултет „Михајло Пупин“ у Зрењанину – ментор</li> </ul>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Александар, Ђорђе, Бркић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 27.10.1966. Савски венац, Београд</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Диплома маш. инж. стечена на Машинском факултету Универзитета у Београду 1992. год.</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија /</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Магистарску тезу “Прилог идентификацији динамичког понашања грађевинске стубне дизалице у режиму рада механизма за дизање терета” Александар Бркић је одбровио на Машинском факултету Универзитета у Београду 27.11.1996. године, област техничке науке - машинско инжењерство – механизација.</p> <p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Техничке науке - Машинство - Механизација</p>
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b>
МОДЕЛ УПРАВЉАЊА ОДРЖАВАЊЕМ СИСТЕМА ДИЗАЛИЧНОГ ТРАНСПОРТА

#### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација кандидата mr Александра Бркића је написана на 283 странице и подељена на шест поглавља и три прилога. Дисертација садржи и 123 слика, 51 табелу и 90 литературних навода.

У уводном делу описаны су и дискутовани резултати претходних истраживања. Уводна разматрања на одговарајући начин представљају проучавану проблематику и указују на потребу истраживања у области предметне дисертације.

У оквиру другог поглавља дефинисани су предмет, метод, структура и очекивани резултати истраживања поставке и провере модела одржавања система дизаличног транспорта. Предмет истраживања подразумева комплексно теоријско-експериментално истраживање, које укључује анализу и процену динамичког понашања конструкције, али и утицај људског фактора, па су сходно томе дате и методе (експерименталне, нумеричке и статистичке), структура и очекивани резултати.

У трећем поглављу постављен је модел управљања одржавањем система дизаличног транспорта. У моделу су садржана два модула: технички и „менаџмент“ модул. Технички модул модела укључује утврђивање тренутног стања електро машинске опреме и носеће конструкције, утврђивање утицаја динамичког понашања погонских група на носећу конструкцију дизалица, формирање оригиналних нумеричких модела носеће конструкције и њихову верификацију на основу експеримента *in situ*, што омогућава одређивање стварног понашања свих елемената система дизаличног транспорта, поуздану прогнозу њиховог реаговања у експлоатацији, добијање параметара избора и одлука, одређивање узрока лошег понашања или попуштања, и процену експлоатационог века. „Менаџмент“ модул модела представља анкетни упитник за оцену система управљања у предузећу.

У четвртом поглављу дисертације, сходно предложеном техничком модулу модела, спроведени су прикупљање података на терену, анализа прикупљених података, дефинисање функционално значајних елемената система дизаличног транспорта, дефинисање структурно значајних елемената система дизаличног транспорта и одређивање типа модела конструкције система дизаличног транспорта за даљу анализу. Потом је извршено експериментално утврђивање динамичке побуде конструкције система дизаличног транспорта, а затим нумеричка и експериментална анализа статичког и динамичког понашања свих елемената система дизаличног транспорта. Полигон за истраживање била је ХЕ „Ђердап 1“.

У петом поглављу, сходно предложеном „менаџмент“ модулу модела, формиран је анкетни упитник, спроведени су прикупљање података на терену и анализа прикупљених података. Применом метода статистичке анализе передложени упитник је редукован, тако да су остала само значајна питања доволно високе поузданости, па је на тај начин формиран модел за процену система управљања при одржавању система дизаличног транспорта.

Шесто поглавље, закључна разматрања, дају преглед и анализу резултата и доприноса истраживања, као и предлоге праваца даљих истраживања. Дискусија резултата је по садржају, обimu и начину на који је изложена задовољила критеријуме које докторска дисертација треба да испуни. Закључци су јасно формулисани, прегледни и имају утемељење на резултатима истраживања. Након тога, наведена је литература коришћена у дисертацији, врло фокусирана по теми, адекватно цитирана и презентована на одговарајући начин.

#### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Наслов дисертације је јасан, концизан и у складу са тематиком и садржајем дисертације. Предмет дисертације представља савремену истраживачку област и са теоријског и практичног аспекта. Иако просечна старост транспортних машина и опреме у већини техничких система Србије, па и у ХЕ „Ђердап 1“, захтева хитно деловање у правцу доношења квалитетних одлука о мерама за очување и унапређење њихових постојећих експлоатационих параметара, модел управљања одржавањем, и поред изражене потребе, до сада није постављен. Полазне хипотезе, којима је дефинисан предмет истраживања, произтекле су из анализе расположивих литературних извора, као и реалног стања и понашања система дизаличног транспорта на ХЕ „Ђердап 1“ у оквиру Електропривреде Србије. Основна хипотеза постављена је аналогијом на основу доступних резултата у литератури и потврђена експериментално, и закључено је да *је могуће успоставити нумерички модел носеће конструкције валидован експериментом, који омогућава одређивање стварног понашања конструкције, па на тим основама формирати модел одржавања према стању система дизаличног транспорта*. Затим, анализом расположиве литературе кандидат закључује да

је велики број истраживања посвећен дијагностици стања и понашања погонских група машина механизације, као и одређивању одговарајуће методологије за дијагностику понашања погонских група. На основу аналогије поставља, а затим и потврђује и помоћне хипотезе. Тако доказује да исправан рад система дизаличног транспорта као целине директно зависи од интеракције погонске групе и носеће конструкције, могуће је експериментално одредити динамичке величине погонских група које представљају побуду конструкције и да одзиви носеће конструкције су мерљиве величине које на директан или индиректан начин утичу на функционисање система дизаличног транспорта у реалним условима експлоатације. Такође, постављен је и експериментално потврђен модел одржавања система дизаличног транспорта који садржи методологију за процену стања и утврђивање понашања конструкције ствара се могућност утицаја на узрок тог понашања, а не на последицу.

За успешну реализацију циљева истраживања и верификацију постављених хипотеза дисертације са успехом су коришћене следеће основне методе научног сазнања.

- Примена аналитичких метода које уводе у дефинисање проблема понашања носеће конструкције;
- Метода моделирања реалног физичког проблема;
- Примена нумеричких метода – подразумева примену методе коначних елемената којом се спроводи динамички прорачун конструкције транспортера, и добијају вредности динамичких величина – главних облика осциловања конструкције, дистрибуција кинетичке и потенцијалне енергије по елементима конструкције на главним облицима осциловања, расподела напонског стања унутар елемената конструкције;
- Примена експерименталних метода којима се утврђују дејства погонског система на носећу конструкцију, и којима се потврђује исправност постављеног модела конструкције оптерећења која делују на конструкцију, које обухватају: мерење динамичке побуде, мерење оптерећења погонског система, мерење вибрација елемената погонског система, мерење деформација конструкције, мерење убрзања тачака конструкције, и мерење напонског стања елемената конструкције;
- Примена статистичких метода за ревизију фактора оцене система управљања.

Поред наведених основних метода коришћене су и следеће посебне методе: индуктивна и дедуктивна метода закључивања, аналитичка и синтетичка метода, посебне методе апстракције, генерализације и специјализације, и метода компарације.

Све фазе програма истраживања спроведене су методолошки исправно и детаљно, при чему посебно истичемо следеће:

- Поставка хипотеза за поставку и проверу оригиналног модела управљања одржавањем система дизаличног транспорта;
- Прикупљање детаљних података о експлоатацији дизалица на ХЕ „Ђердан 1“;
- Анализа експлоатације дизалица са становишта понашања њихових конструкција;
- Одређивање карактеристичног представника типа конструкције дизалице за даље истраживање;
- Дефинисање процедуре експерименталних мерења побудних динамичких оптерећења;
- Формирање нумеричких динамичких модела за прорачун конструкције;
- Динамички прорачун главних облика осциловања карактеристичног представника типа конструкције различитих димензија;
- Одређивање расподеле кинетичке и потенцијалне енергије по елементима конструкције на њеним главним облицима осциловања;
- Дефинисање параметара за процену динамичког понашања конструкције;
- Дефинисање процедуре експерименталног мерења динамичких одзива на конструкцијама дизалица;
- Валидација нумеричких динамичких модела са експерименталним резултатима;
- Поставка подмодела утицајних „менаџмент фактора“;
- Формирање модела одржавања система дизаличног транспорта са методологијом процене динамичког понашања конструкција и оцене утицајних „менаџмент фактора“;
- Формирање модела за континуално праћење система дизаличног транспорта.

Резултати до којих је кандидат дошао поред несумњивог научног доприноса су и практично применљиви.

У току израде ове дисертације коришћен је велики број литературних извора, углавном чланака из часописа са импакт фактором новијег датума, али и референтне књиге из ове области. Коришћена литература је адекватна, покрива изложену проблематику, савремена је и углавном обрађује радове аутора који обележавају ширу област дисертације својим референцама и цитатима из последњих десетак година. Наравно, у циљу хронологије развоја проблематике, цитиран је и одређен број референци које датирају од раније, а које су од суштинског значаја за настанак и развој области истраживања.

Вреднујући појединачне делове и њихове доприносе, али и њихов синергетски ефекат, закључујемо да докторска дисертација представља оригиналан и значајан резултат у области истраживања, што се посебно огледа у поставци и провери оригиналног модела одржавања система дизаличног транспорта. Значај дисертације ``МОДЕЛ УПРАВЉАЊА ОДРЖАВАЊЕМ СИСТЕМА ДИЗАЛИЧНОГ ТРАНСПОРТА`` огледа се и у истраживању теме атрактивне у светским размерама, применом савремених математичких метода и модела у описивању разматране појаве.

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

### M23

1. Brkic Aleksandar DJ,Maneski Tasko Dj,Ignjatovic Dragan M,Jovancic Predrag D,Spasojevic-Brkic Vesna K (2014) Diagnostics of Bucket Wheel Excavator Discharge Boom Dynamic Performance and Its Reconstruction, EKSPLOATACJA I NIEZAWODNOSC-MAINTENANCE AND RELIABILITY, 16 (2), pp. 188-197 , IF=0.293

### M23

2. Spasojevic Brkic V. K., Veljkovic Z. A., Golubovic T., **Brkic A. Dj.**, Kosic Sotic I., (2014). Workspace design for crane cabins applying a combined traditional approach and the Taguchi method for design of experiments. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics / JOSE, accepted for publication (<http://archiwum.ciop.pl/31862.html>), IF=0.527

### M23

3. Klarin Milivoj M,Spasojevic-Brkic Vesna K,Sajfert Zvonko D, **Brkic Aleksandar DJ**,Curovic Dejan (2011) Methodology of physical occurrences analogy in researching vehicle lifetime, Technics Technologies Education Management-TTEM, vol. 6, br. 3, pp. 819-828, IF=0.351

### M24

4. Spasojevic-Brkic Vesna K, Klarin Milivoj M, **Brkic Aleksandar DJ**, Lucanin Vojkan J,Milanovic Dragan D (2011) Simultaneous consideration of contingency factors and quality management: An empirical study of Serbian companies, African Journal of Business Management, vol. 5, br. 3, pp. 866-883 (Article)

### M51

5. Spasojevic Brkic V., Klarin M., Radojičić M., **Brkić A.**, Tomić, B. (2011) Međuzavisnost kontingentnih faktora organizacije u domaćim industrijskim preduzećima, Tehnika, ISSN 1450-9911, 20 (1), pp. 133-143.

### M51

6. Dondur, N., Spasojević-Brkić, V., & **Brkić, A.** (2012). Crane cabins with integrated visual systems for the detection and interpretation of environment-economic appraisal. *Journal of Applied Engineering Science*, 10(4), 191-196, ISSN 1451-4117

### M24

7. Spasojevic Brkic V,Klarin M, **Brkic A**, Cockalo D, (2011) Dimenzije strategije u industrijskim preduzecima Srbije, 39 (1), Industrija, pp. 157-165, ISSN 0350-0373

### M33

8. Dondur, N., Spasojević-Brkić, V., & **Brkić, A.** (2012). Crane Cabins with Integrated Visual Systems for the Detection and Interpretation of Environment - Economic Appraisal. 5<sup>th</sup> International Symposium on Industrial Engineering, SIE 2012, Belgrade, Serbia, pp. 117-122.

#### **M51**

9. Spasojevic Brkic V, Klarin M, **Brkic A**, Sajfert Z., Designing Interior Space for Drivers of Passenger Vehicles, vol. 23, no. 2, 2014, Tehnika, pp. 317-326, ISSN 1450-9911

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Закључци и добијени резултати у складу су са циљевима истраживања, па сходно томе укључују утврђивање утицаја динамичког понашања погонских група на носећу конструкцију дизалица, формирање оригиналних нумеричких модела носеће конструкције и њихова верификација на основу експеримента *in situ*, што омогућава одређивање стварног понашања носеће конструкције, поуздану прогнозу њеног реаговања у експлоатацији, добијање параметара избора и одлука, одређивање узрока лошег понашања или попуштања, процену експлоатационог века.

Са становишта практичне примене резултата, основни циљ истраживања - дефинисање методологије и развој интегралног модела система за процену стања и утврђивање понашања конструкције дизалица, што омогућава поставку модела одржавања, је у потпуности испуњен. Имплементацијом новоустановљене методологије ствара се могућност да менаџмент компанија корисника дизалица правовремено и на адекватан начин доносе стратешке одлуке о активностима везаним за експлоатацију и одржавање (наставак експлоатације без интервенција, ревитализација, модернизација, реконструкција, отпис, и праћење планираних стања код нове опреме). Треба истаћи и чињеницу да добијени резултати на примерима система дизаличног транспорта у Електропривреди Србије имају универзални карактер, јер се дефинисани модели и методологија процене стања могу применити на било коју носећу конструкцију машина, ако су познати улазни технички и „менаџмент“ параметри система.

Као научне доприносе овог истраживања посебно истичемо:

1. Формирање нумеричког модела за идентификацију стања и понашања конструкције.
2. Примена експерименталног метода одређивања понашања конструкције и валидација нумеричког модела.
3. Поставка, провера и потврда методологије за процену стања и утврђивање понашања конструкције која омогућава да се, са познавањем основних улазних параметара и радних услова, у практичној примени и без експерименталних испитивања дође до исправних података о стању и веку трајања конструкције у експлоатацији.
4. Дефинисање расподеле кинетичке и потенцијалне енергије по елементима структуре на главним облицима осциловања као основни утицај на динамичко понашање конструкције.
5. Поставка, провера и потврда модела утицајних „менаџмент фактора“ и његова провера статистичким методама (факторска анализа и анализа поузданости путем Cronbach alpha коефицијента).
6. Поставка, примена и провера модела одржавања система дизаличног транспорта, који садржи развијене методологије за процену стања и утврђивање понашања конструкције уз систем подршке процесу доношења одлука о активностима везаним за наставак експлоатације постојећих дизалица.

## **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Истраживање које је дато у докторској дисертацији, с обзиром на постављене циљеве, захтевало је увођење нових научних метода и њихову примену у циљу добијања резултата у релативно неистраженој области. Због тога се, у овом раду, од кандидата очекивало да покаже висок степен теоријског предзнања у области истраживања, али и способности самосталног истраживања у циљу прибављања свих потребних података на реалном систему и примене новијих метода које су омогућиле симултану анализу великог броја међувиских фактора.

Постојеће стање у областима науке у области дисертације у свету је такво да је присутна одређена тенденција у правцу сталног развоја нових метода и приступа од којих се очекује да допринесу даљој оптимизацији уважавајући техничке и економске аспекте. Релативно је мало примера озбиљне практичне примене предложених модела. Резултати овог рада приказују оригиналан модел управљања одржавањем система дизаличног транспорта, који је универзалан, релативно једноставан, те применљив у различитим техничким пословним системима. Поред поставке и развоја оригиналног и проверљивог модела, дисертацију карактерише и велики број података добијених експерименталним истраживањем спроведеним на реалном систему хидроелектране, који пружају увид у специфичности проблематике, као и савремене методе и технике обраде података. Резултати су приказани на јасан начин у складу са добром праксом у научно-истраживачком раду. Резултати добијени у току истраживања представљени су одговарајућим следом и најчешће подржани графичким или табеларним приказом. Квалитет и адекватан начин тумачења резултата у потпуности су пружили одговоре на питања постављена у циљевима ове дисертације. Комисија је става да су резултати оригинални и јасно приказани и протумачени, што имплицира позитивну оцену и у овом сегменту дисертације.

## **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Адекватним истраживачким активностима кандидат је испољио квалитет, заинтересованост и стручност за самостални и оригинални научни и истраживачки рад. У прилог томе говори и чињеница да је у оквиру рада на докторској дисертацији овладао научноистраживачким методологијама као што су: анализа и оцена постојећих знања, експериментално истраживање, поставка оригиналног математичког модела, употреба савремених статистичких и нумеричких метода, као и синтетичко представљање остварених резултата. Рад на дисертацији и публиковани радови у часописима, указују на изразит смисао кандидата да се бави како теоријским, тако и сложеним експерименталним истраживањима.

Предметна дисертација третира савремену и актуелну проблематику развоја модела управљања одржавањем система дизаличног транспорта и представља савремен и оригиналан научни допринос, који је у потпуности у складу са образложењем наведеним у пријави теме и садржи све неопходне елементе савремене докторске дисертације у предметној области. Дисертација обухвата веома значајне научне доприносе, као и већи број меродавних резултата, који чине надоградњу досадашњих истраживања наведених у литератури новијег датума. Постављени задаци и циљ истраживања су у потпуности остварени, а дисертација је написана према свим стандардима научно-истраживачког рада. Треба истаћи да је кандидат дошао до оригиналних и проверљивих резултата у веома атрактивној и неистраженој, а домаћој индустријској пракси неопходној области, па и показао висок ниво способности и самосталности у доношењу и спровођењу одлука у току израде докторске дисертације, чиме је демонстрирао способност за самостални научни рад.

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме  
ДА

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
ДА

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци  
Глобално посматрано, оригиналност предметне докторске дисертације огледа се у поставци, провери и потврди модела одржавања система дизаличног транспорта, који укључује утврђивање утицаја динамичког понашања погоњских група на носећу конструкцију дизалица, формирање оригиналних динамичких нумеричких модела носеће конструкције и њихова верификација на основу експеримента, што омогућава одређивање стварног понашања носеће конструкције, поуздану прогнозу њеног реаговања у експлоатацији, добијање параметара избора и одлука,

одређивање узрока лошег понашања или попуштања, процену експлоатационог века и времена поузданог рада. Имплементацијом новоуспостављеног оквира ствара се могућност да менаџмент компанија корисника система дизалица правовремено и на адекватан начин доносе стратешке одлуке о активностима везаним за експлоатацију и одржавање (наставак експлоатације без интервенција, ревитализација, модернизација, реконструкција, отпис, и праћење планираних стања код нове опреме). Добијени резултати универзално су примењиви на било коју носећу конструкцију машина, ако су познати улазни технички и „менаџмент“ параметри система. Потребно је истаћи и следеће конкретне оригиналне доприносе, као што су: 1. Формирање нумеричког динамичког модела за идентификацију стања и понашања конструкције дизалица 2 Експериментални метод одређивања динамичког понашања конструкције и валидација нумеричког модела 3. Поставка методологије за процену стања и утврђивање понашања конструкције која омогућава да се, са познавањем основних улазних параметара и радних услова, у практичној примени и без експерименталних испитивања дође до исправних података о стању и веку трајања конструкције у експлоатацији 4. Дефинисање расподеле кинетичке и потенцијалне енергије по елементима структуре на главним облицима осциловања као основни утицај на динамичко понашање конструкције и 5. Поставка, провера и потврда модела утицајних „менаџмент фактора“ и његова провера статистичким методама (факторска анализа и анализа поузданости путем Cronbach коефицијента).

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
Нису уочени недостаци дисертације.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- **да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана**
- да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни односно измени) или
- да се докторска дисертација одбија

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

др Звонко Сајферт, редовни професор

---

др Илија Ђосић, редовни професор ФТН  
Универзитета у Новом Саду

---

др Милан Николић, ванредни професор

---

др Градимир Ивановић, редовни професор  
Машинског факултета Универзитета у Београду

---

др Миливој Кларин, редовни професор, ментор

**НАПОМЕНА:** Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.

May 23, 2014

Dear Dr. Brkic,

I am pleased to let you know that "Workspace design for crane cabins applying a combined traditional approach and the Taguchi method for design of experiments" by Vesna K. Spasojevic Brkic, Zorica A. Veljkovic, Tamara Golubovic, Aleksandar Dj. Brkic and Ivana Kosic Sotic has been accepted for publication in the International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE).

Regards,



Prof. Roman Broszkiewicz  
Managing Editor, JOSE