

НАСТАВНО - НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације мр Рада Васиљевића, дипл. маш. инж.

На предлог Наставно – научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву, Одлука бр. 1527/11 од 28.10.2016., као и Одлуке бр. IV-04-1048/19 од 09.11.2016. Стручног већа за техничко - технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., под насловом:

“УТИЦАЈНИ ПАРАМЕТРИ НА ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПОРТАЛНИХ ДИЗАЛИЦА ВЕЛИКИХ НОСИВОСТИ”

На основу увида у приложену докторску дисертацију, Извештаја о подобности кандидата и теме докторске дисертације која је одобрена за израду Одлуком Факултета за машинство и грађевинарство, бр. 206/3 07.03.2014. и Одлуком Стручног већа за техничко - технолошке науке Универзитета у Крагујевцу, бр. IV-04-206/7 од 09.04.2014. и Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно - научног већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

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

Докторска дисертација кандидата мр Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., под називом “Утицајни параметри на динамичко понашање носеће конструкције порталних дизалица великих носивости” је настала као резултат научно - истраживачког рада кандидата у области која се односи на истраживање утицајних параметара на динамичко понашање носеће конструкције порталних дизалица великих носивости.

Разматране су порталне дизалице “Х” и “Н” типа са аспекта истраживања динамичког понашања, при чему је портална дизалица анализирана као систем који се састоји из два кључна подсистема: обртне стреле и носеће конструкције(портала). С обзиром на предмет истраживања и остварених резултата, дисертација представља јединствен научни рад.

За два најзаступљенија типа порталних дизалица, “X” и “H” тип, дефинисана је побуда изазвана кретањем дизалице и клаћењем терета. Усвојен је трапезни профил брзине кретања. За тако дефинисан профил брзина презентовани су кинематички дијаграми брзине, убрзања и пута кретања као јединствени комбиновани приступ формирања динамичких модела конструкција.

Тако усвојени приступ се појављује као нови приступ који пружа могућност реалног разматрања сложене конструкције портално - обртне дизалице, испољавајући при томе значајне предности у односу на традиционални приступ свођења сложене конструкције на једноставне моделе.

Развијени нови приступ комбинује аналитички и коначно - елементни приступ. У првом кораку, принципи аналитичке механике су скоришћени за моделирање обртне стреле, док је у другом кораку коначно - елементни приступ коришћен за моделирање носеће конструкције “X” и “H” типа порталних дизалица, при чему обе носеће конструкције имају исти тип обртне стреле. Динамички модел обртне стреле представља надградњу постојећих модела стрела. Овако дефинисан динамички модел пружа могућност добијања закона осциловања терета у подужном и бочном правцу. Ови закони осциловања терета представљају *Heaviside*-ове функције се линеарним полиномом.

Даље, дефинисана је динамичка интеракција обртне стреле и оба типа носеће конструкције, при чему је уочена, у великој мери, аналогија у дефинисању наведене динамичке интеракције код оба типа модела.

Сагласно, коначно - елементном приступу и дефинисаној интеракцији подсистема, формирана су два коначно - елементна модела порталних дизалица. Установљено је да места контакта точкова портала и шина железничке пруге представљају најрелевантније идентификоване делове дизалица за истраживање динамичког понашања, односно динамичке стабилности. Та места су моделирана као еластични ослонци увођењем четири еквивалентне вертикалне опруге, чиме је пружена могућност одређивања и дефинисања динамичких одговора еластичних ослонаца на побуду. Ови модели представљају оригиналне динамичке моделе разматраних типова порталних дизалица.

Свођењем динамичких оптерећења на оба модела носеће конструкције преко динамичке интеракције постављене су диференцијалне једначине кретања система, односно једначине динамичке равнотеже. Постављени математички модели представљају оригиналне моделе система, који са једне стране узимају у обзир трансферзалне и подужне осцилације елемената носеће конструкције, док са друге стране узимају у обзир утицај побуде, настале од кретања портала и клаћења терета. За верификацију математичких модела, односно коначно - елементних модела са конзистентним масама оба типа носеће конструкције, програмским пакетом SAP2000, формиран су одговарајући коначно - елементни модели.

Провера дефинисаних теоријских основа је извршена на примеру порталне дизалице са два различита типа носеће конструкције (“H” и “X”). Како је нумерички пример заснован на реалној конструкцији, то је и приступ проблему истраживања динамичког понашања порталне дизалице реалана. Резултати и дискусије су изложени у теоријском делу дисертације.

У првом делу нумеричког примера су дати резултати и дискусије за динамички модел обртне стреле разматране порталне дизалице.

Побуда је дефинисана за брзине кретања дизалице: $v=0,6\text{ m/s}$ и $v=1\text{ m/s}$. На основу резултата решења динамичког модела обртне стреле могу се извести следећи закључци:

- Повећањем перформанси кретања дизалица (брзина/убрзање) повећава се клађење терета, односно угао осциловања терета, што се директно одражава на повећање динамичких оптерећења (динамичких момената савијања у подужном и бочном правцу);
- Повећањем дужине ужетног система смањује се кружна фреквенција осциловања терета, чиме се смањује угао осциловања терета и повећава период осциловања;
- Промена параметара из прва два закључка се одражава на динамички одговор математичких модела са коначно - елементним приступом на побуду;
- Постављене су фундаменталне подлоге на основу којих је могуће предвидети понашање система обртне стреле услед промене утицајних параметара: брзине кретања дизалице и дужине ужетног система.

Добијени резултати истраживања, како са теоријског, тако и са практичног аспекта представљају веома значајан допринос у истраживању и развоју нових знања о утицајним параметрима на динамичко понашање носеће конструкције порталних дизалица великих носивости.

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

Комисија оцењује да је докторска дисертација кандидата мр Рада Васиљевића, дипл. маш. инж. резултат оригиналног научног рада кандидата. Обрађена тема је актуелна и значајна за развој науке у области развоја нових прорачунских метода у научној области механизација и носеће конструкцијем са посебним освртом на отклањању хаваријских оштећења, изазваних динамичким ефектима у експлоатационим режимима рада порталних дизалица.

Кандидат је у складу са научним принципима, заснованим на теоријској анализи понашања носећих конструкција порталних дизалица “Н” и “Х” типа у динамичким режимима рада, дефинисао нове коначно - елементне моделе, који пружају могућност изналажења утицајних параметара који директно утичу на динамичко понашање носеће конструкције порталних дизалица.

У оквиру дисертације истражена су систематизована научна и стручна достигнућа, публикована у релевантној литератури, везана за проблематику која је разматрана у дисертацији.

Резултат оригиналног научног рада кандидата при изради ове дисертације се посебно огледа у могућности формирања динамичких модела са којима се могу заменити класични експерименти, које је, врло често, тешко реализовати, а и ако се могу реализовати ти експерименти су врло скупи.

Кандидат је, према томе, применом теоријских знања и искустава, уз развој нових, одговарајућих, математичких модела показао способност за самостално бављење научно - истраживачким радом.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Мр Раде Васиљевић, дипл. маш. инж. Рођен је 18.06.1971. г. У Сирогојну. На Машинском факултету у Краљеву дипломирао је 1999. године на смеру за Тешку машиноградњу са просечном оценом 8,46. На Машинском факултету у Београду, после положених дванаест испита на смеру за Машинске конструкције и механизацију, одбранио је магистарски рад у јануару 2010. године под називом: “Динамичка анализа електромеханичке двостубне дизалице”.

Први радни однос, као сарадник у настави, засновао је 1999. године на Високој пословно - техничкој школи у Ужицу. Од 2005. до 2012. је радио, као истраживач, у Научно - истраживачком центру у Ужицу. Од 2012. године до данас ради, као предавач, у Високој техничкој школи у Београду. Војни рок је одслужио 1990/1991. Чита и пише руски и енглески језик.

Као аутор и коаутор објавио је већи број радова у домаћим часописима као и на домаћим и међународним конференцијама, од којих су већина из области машинских конструкција и механизације. Учествовао је у реализацији 7 научно - истраживачких пројеката финансираних од стране Министарства за науку, као и на више пројеката и студија за потребе привреде. Коаутор је 12 техничких и развојних решења.

У наставку су приказани само најважнији радови везани за област докторске дисертације.

I. Рад објављен у међународном научном часопису са SCI листе (M20)

1. **Rade Vasiljević**, Milomir Gašić, Mile Savković - *Parameters Influencing the Dynamic Behaviour of the Carrying Structure of a Type H Portal Crane*, STROJNISKI VESTNIK - JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING, vol. 62, no. 10, 2016, DOI: 10.5545/sv-jme.2016.3553, ISSN 0039-2480 (M23)

II. Саопштење са међународног научног скупа штампано у целини (M30)

1. Gavrilović B., **Vasiljević R.**, Anđić Z. - *Computer algorithm for determining influence of traction current on coefficient of friction and creep force for the electrotraction vehicle of “Serbian Railway”*, VI International Conference Heavy Machinery HM’2008, Kraljevo, C.23-C.28., ISBN 978-86-82631-45-3. (M33)
2. **Rade Vasiljević**, Zoran Petković, Srđan Bošnjak - *Applying Finite Element Method for Research Static and Dynamic Properties of Electro - Mechanical Two Post Lifts*, VII International Conference Heavy Machinery HM’2011, Kraljevo, Vol. 7, No. 2, 99-104., ISBN 978-86-82631-58-3. (M33)

III. Рад у часописима националног значаја (M50)

1. Zoran Anđić, Aleksandar Vujović, Marija Knežević, **Rade Vasiljević**, Miloš Tasić - *Nanotechnologies from the aspect of human environment and safety health at work*, MjOM Metalurgija - Journal of Metallurgy, (2009) Vol. 15, No. 4, 219-229, ISSN 2217-8961 (M51)

2. **Vasiljević Rade** - *Higher levels modeling based on Inventor software*, Journal of Applied Engineering Science, (2010) Vol. 8, No. 4, 215-221, ISSN 1451-4117 (M52)
3. **Vasiljević Rade**, Bulatović Radovan, Savković Mile - THE APPROACHES THO THE MATHEMATICAL - MECHANICAL MODELLING SUPPORTING CONSTRUCTION, IMK - 14 Research & Development, Vol. 19 (2013), No. 1, p.p. EN 29-38 ISSN 0354-6829 (M52)
4. **Vasiljević R.**, Gašić M - The Dynamic Model of the Boom Portal Cranes, IMK - 14 Research & Development, Vol. 21 (2015), No. 4, p.p. EN 125-130 ISSN 0354-6829 (M52)

4. Оцена о испуњености обима и квалитета докторске дисертације у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата мр Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., под називом “Утицајни параметри на динамичко понашање носеће конструкције порталних дизалица великих носивости” по обиму и садржају одговара прихваћеној теми од стране Наставно – научног већа Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву и Стручног већа за техничко - технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторске дисертације. Написана је на 126 страна, при чему је цитирана литература наведена у 62 библиографске јединице.

Докторска дисертација приказана је кроз седам поглавља:

1. Уводна разматрања
2. Концепције конструкционих решења носеће конструкције и њихове карактеристике
3. Динамичка анализа порталне дизалице велике носивости
4. Верификација добијених теоријских вредности применом софтверске симулације
5. Резултати истраживања
6. Закључак
7. Литература

У уводном делу дисертације приказана су општа разматрања везана за порталне дизалице као и проблематика динамике порталних дизалица. Изложена је основна идеја, основни и посебни циљеви истраживања, значај и допринос истраживања. Такође, приказани су кратки садржаји радова из области динамике порталних дизалица.

У поглављу које се односи на концепције конструктивних решења носеће конструкције и њихове карактеристике, дат је преглед изведених решења портала са специфичностима конструктивних решења. Издавањем решења са сандучастим насачима, као доминантним у мноштву различитих решења портала, створени су услови за формирање концепцијског решења које ће послужити као базно решење при дефинисању математичког и коначно - елементног модела.

У трећем поглављу, које се односи на динамичку анализа порталних дизалица великих носивости, истражен је и решен фундаментални проблем утицаја кретања портала и клаћења терета, у подужном и бочном правцу у функцији времена и профила брзине.

Анализиране су три фазе кретања. У првој фази кретања 0-1 (време t_u) портал се убрзава константним убрзањем a_u тако да брзина линеарно расте и на крају те фазе достигне брзину v_r . Друга фаза 1-2 је фаза равномерног кретања током времена t_r , и карактерише је константна брзина v_r . У фази 2-3 која се спроводи током времена t_k , портал се константно успорава до заустављања.

Надаље, извршено је разчлањавање портално - обртне дизалице на подсистем стреле, који се састоји од сопствене носеће конструкције и ужетног система, и подсистем носеће конструкције портала као просторне конструкције. На тај начин створени су услови за формирање еквивалентних динамичких модела подсистема стреле, кретања из кога је могуће дефинисати једначине кретања елемената стреле.

Коришћењем инверзне Лапласове трансформације у временском домену дошло се до коначног закона осциловања терета у подужном правцу. Аналогно, у другом кораку, долази се до закона осциловања у бочном правцу који представљају *Heaviside*-ове функције са линеарним полиномом. Добијене динамичке једначине кретања подсистема стреле показују да се максимални угао осциловања терета јавља када је:

- Сваки од косинусних чланова у динамичким једначинама у фази;
- Производ косинусних чланова са одговарајућим кораком *Heaviside*-ове функције једнак је 1.

Други подсистем портално - обртне дизалице представља просторни носач круте конструкције. Моделирањем овог подсистема, извршено коришћењем прилаза са конзистентним масама, формиран су дискретизовани модели портала типа "Н" и типа "Х", на основу којих су добијени коначно - елементни модели носеће конструкције.

Са тако дефинисаним подсистемима, успостављена је интеракција између носеће конструкције порталне дизалице и стреле. Сprovedена су разматрања динамичког одговора, односно принудних осцилација носеће конструкције побуђене клађењем терета и кретањем дизалице.

У четвртом поглављу извршена је верификација модела носеће конструкције са коначно - елементним приступом, односно одговарајућих теоријских резултата добијених аналитичко - нумеричким путем, коришћењем програмског пакета SAP2000® 14.

Резултати истраживања су дати у петом поглављу. Формиран оригинални програм (код) RV-ДунPortal, написан у програмском пакету Wolfram Mathematica® 7, коришћен је за одређивање "одговора" формираних модела порталне дизалице. За дефинисане техничке карактеристике порталних дизалица типа "Н" и типа "Х, које се односе на називну носивост, брзину дизања, масу стреле, дужину стреле, димензије основе портала, висину ногу портала, пречник прстена, растојање између ослонаца обртне стреле, растојање зглоба стреле од осе стуба, као и карактеристике материјала, спроведена је упоредна анализа за фреквентни одзив на осциловање терета, а резултати су приказани табеларно и графичким путем. Упоредном анализом резултата истраживања који се пре свега односе на фреквенције, добијених преко математичког модела са коначно - елементним приступом и чистим нумеричким путем уочава се висока подударност прве две фреквенције $\Delta = (0,38; 0,66)\%$, док и код осталих (на пример за следеће четири) одступања су мања од 2,5%.

Последње, шесто поглавље садржи преглед најзначајнијих теоријских резултата истраживања, као и резултате усвојеног комбинованог приступа за формирање динамичких модела конструкције. Такође, формирани су закључци у односу на дефинисане циљеве рада и правце даљих истраживања.

На крају дисертације дат је преглед коришћене литературе, релевантне за област динамичког понашања носећих конструкција порталних дизалица великих носивости.

На основу свега наведеног, Комисија закључује да су у потпуности испуњени очекивани резултати у Извештају комисије за оцену подобности теме и кандидата докторске дисертације, бр. 206/3 07.03.2014. године и да је испоштован оквирни садржај рада наведеног у поменутом Извештају.

5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат је кроз докторску дисертацију извршио систематизацију до сада остварених резултата истраживања од значаја за предметна истраживања и на тај начин извео критичку анализу постојећих знања и релевантних научних резултата који се односе на динамичко понашање носећих просторних покретних конструкција којима припадају порталне дизалице великих носивости.

Велики број резултата истраживања до којих је кандидат дошао су од значаја и у научном и у практичном смислу. Наводе се само они који су од посебног значаја за теоријску анализу модела са коначно - елементним приступом:

- Развијен је комбиновани приступ за формирање динамичких модела конструкције;
- Закони осциловања представљају *Heaviside*-ове функције са линеарним полиномом;
- Дефинисани су оригинални модели динамичке интеракције обртне стреле и носеће конструкције портала “Н” и “Х типа;
- Верификацијом постављених теоријских основа, извршена на нумеричком примеру порталне дизалице два различита типа (“Н” и “Х”) потврђен је коначно - елементни приступ комбинован са математичким моделом.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

У научно - теоријском смислу докторска дисертација мр Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., под називом “Утицајни параметри на динамичко понашање носеће конструкције порталних дизалица великих носивости” даје значајан број резултата који употпуњују и проширују теоријска знања која се односе на наведену област истраживања.

Предложени математички модели за свођење динамичких оптерећења за два типа носеће конструкције портала, преко динамичке интеракције са окретном стрелом представљају оригиналне моделе система, који узимају у обзир трансферзалне и подужне осцилације елемената носеће конструкције, као и утицај кретања портала и клаћење терета. Из теоријских доприноса дисертације могу се дефинисати и практични аспекти истраживања:

- Повећање брзина кретања, односно капацитета транспорта;
- Повећањем дужине ужетног система смањују се кружна фреквенца осциловања терета, што с даље одражава на смањење угла осциловања;
- Могућност примене резултата истраживања у производним центрима за производњу порталних дизалица;
- Применом резултата истраживања доводи се до повећања конкурентности ових производа на тржишту.

7. Начин презентирања резултата научној јавности

Део научно - истраживачких резултата, који су остварени у овој дисертацији, већ је презентован објављивањем радова у међународним и домаћим научним часописима као и на међународним научним конференцијама.

Комисија сматра да спроведена истраживања и резултати истраживања, презентирани у овој докторској дисертацији представљају користан материјал за публикавање у међународним и националним научним часописима, као и на међународним и националним конференцијама које се баве истраживањима динамичког понашања носећих конструкција.

8. Закључак и предлог комисије

На основу увида у резултате истраживања презентованих у докторској дисертацији и на основу свега претходно наведеног, Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК

Докторска дисертација кандидата мр. Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., под називом “УТИЦАЈНИ ПАРАМЕТРИ НА ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ КОНСТРУКЦИЈЕ ПОРТАЛНИХ ДИЗАЛИЦА ВЕЛИКИХ НОСИВОСТИ” у потпуности је реализована сагласно плану истраживања и постављеним хипотезама. Дисертација представља оригиналан резултат вишегодишњег континуалног научно-истраживачког рада кандидата. Коришћењем савремених метода и релевантне научне и стручне литературе кандидат је показао висок степен научно – стручног знања као и способност за самостални научно – истраживачки рад.

Докторска дисертација кандидата мр. Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., по квалитету, обиму и резултатима истраживања задовољава све формалне и суштинске услове одређене Законом о високом образовању и прописима Универзитета у Крагујевцу и Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву.

На основу свега наведеног предлажемо Наставно – научном већу Факултета за машинство и грађевинарство у Краљеву и Већу за техничко – технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвате докторску дисертацију кандидата мр. Рада Васиљевића, дипл. маш. инж., под насловом:

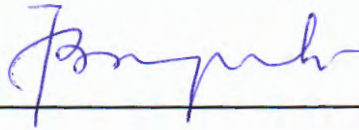
**“УТИЦАЈНИ ПАРАМЕТРИ НА ДИНАМИЧКО ПОНАШАЊЕ НОСЕЋЕ
КОНСТРУКЦИЈЕ ПОРТАЛНИХ ДИЗАЛИЦА ВЕЛИКИХ
НОСИВОСТИ”**

као успешно урађену и да позову кандидата на усмену јавну одбрану дисертације.

У Краљеву, 11.11.2016.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. **др Јован Владић**, ред. проф., Факултет техничких наука Нови Сад, научна област: Машинске конструкције, Транспортни системи и логистика, председник



2. **др Драгослав Јаношевић**, ред. проф., Машински факултет у Нишу, научна област: Транспортна техника и логистика, члан



3. **др Миле Савковић**, ред. проф., Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, научна област: Механизација и носеће конструкције, члан