

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области техничких наука
(Назив стручног већа коме се захтев упућује, сагласно

710/3

члану 6. и чл. 7 став 1. овог правилника)

(Број захтева)

11.06.2012. године

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5 тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

ЗОРАНА (ВУКАШИН) СТАМЕНИЋА

(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ **БОРАН (ВУКАШИН) СТАМЕНИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Пријавио је докторску дисертацију под називом:

ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА РАСПОДЕЛЕ ОПТЕРЕЋЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ УСЛОВА НА РАДНУ СПОСОБНОСТ КАРДАНОВИХ СПОЈНИЦА

Универзитет је дана 14.11.2005. год. својим актом под бр 123/7 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА РАСПОДЕЛЕ ОПТЕРЕЋЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ УСЛОВА НА РАДНУ СПОСОБНОСТ КАРДАНОВИХ СПОЈНИЦА

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **ЗОРАНА (ВУКАШИН) СТАМЕНИЋА**

(име, име једног од родитеља и презиме)

Образована је на седници одржаној 01.12.2011. године, одлуком факултета под бр 2944/2, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	установа у којој је запослен
1. <u>Др Милета Ристивојевић</u>	Редовни професор	Опште маш. конструкције	Машински факултет Београд
2. <u>Др Милосав Огњановић</u>	Редовни професор	Опште маш. конструкције	Машински факултет Београд
3. <u>Др Радивоје Митровић</u>	Редовни професор	Опште маш. конструкције	Машински факултет Београд
4. <u>Др Божићар Росић</u>	Редовни професор	Опште маш. конструкције	Машински факултет Београд
5. <u>Др Зијад Бурзић</u>	Научни саветник	Материјали и механика лома	ВТИ Београд

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 12.04.2012. године.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом.

2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.

3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности,
уколико је таквих примедби било.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 710/2
Датум: 12.04.2012. године
Београд, Краљице Марије 16

На основу чл. 128. Закона о високом образовању и извештаја Комисије у саставу: проф.др Милета Ристивојевић, ментор, проф.др Милосав Огњановић, проф.др Радивоје Митровић, проф.др Божидар Росић, др Зијах Бурзић, научни саветник ВТИ Београд о оцени докторске дисертације „Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница“ докторанта мр Зорана Стаменића, дипл.инж.маш., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној 12.04.2012. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Усваја се извештај за оцену и одбрану докторске дисертације **„ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА РАСПОДЕЛЕ ОПТЕРЕЋЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ УСЛОВА НА РАДНУ СПОСОБНОСТ КАРДАНОВИХ СПОЈНИЦА“** докторанта **МР ЗОРАНА СТАМЕНИЋА**, дипл.инж.маш.

Одобрава се одбрана докторске дисертације, пошто је докторска дисертација са извештајем Комисије за оцену и одбрану била стављена на увид јавности у трајању од 30 дана, па како је после свих разматрања на ННВ М.Ф. на крају извештај Комисије коначно усвојен, доставља се Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду да да сагласност на извештај о урађеној докторској дисертацији.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, докторанту, ментору и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У
БЕОГРАДУ**

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
мр Зорана Стаменића, дипл. инж.маш.

Одлуком Наставно-научног већа Машинског факултета Универзитета у Београду бр. 2944/2 од 01.12.2011. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Зорана Стаменића, дипл. инж. машинства, под називом: **„ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА РАСПОДЕЛЕ ОПТЕРЕЋЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ УСЛОВА НА РАДНУ СПОСОБНОСТ КАРДАНОВИХ СПОЈНИЦА”**, о чему подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

1.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Зорана Стаменића, дипл.инж.маш., под насловом **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** је изложена на 184 страни и садржи Увод, 9 поглавља, Закључке, Литературу и два прилога.

1.2. Хронологија одобравања израде дисертације

Кандидат мр Зоран Стаменић, дипл.инж.маш., поднео је пријаву бр. 766/1 од 30.06.2005. године за израду докторске дисертације Катедри за опште машинске конструкције Машинског факултета у Београду, где је за ментора предложио проф. др Милету Ристивојевића. Комисија у саставу проф. др Милета Ристивојевић, проф. др Александар Седмак, проф. др Милосав Огњановић, проф. др Радивоје Митровић, др Зијах Бурзић, научни саветник, ВТИ, Београд подноси извештај бр. 766/4 од 27.10.2005. године, у коме предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да одобри тему докторске дисертације под радним називом **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”**, наводећи да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације, као и да кандидат испуњава све законске и истраживачке квалификације за рад на дисертацији.. На основу пријаве кандидата, предлога Катедре, и извештаја Комисије, ННВ на седници од 03.11.2005. доноси одлуку под бр. 766/5 од 10.11.2005. године, да се прихвата предлог Комисије о испуњености услова кандидата и научне заснованости теме и именовању ментора проф. Др Милете Ристивојевића.

Комисија је поднела Извештај У вези са захтевом докторанта мр Зорана Стаменића, дипл.инж.маш. да се одобри израда докторске дисертације, одлуке Наставно-научног већа Машинског факултета од 10.11.2005.год. о испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације и о именовању ментора, а на основу сагласности Стручног већа за машинске, саобраћајне и организационе науке Универзитета у Београду од 14.11.05.2005. године, донета је коначна одлука бр. 1344/1 од 07.12.2005.год., којом се одобрава рад на теми докторске дисертације **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”**, под менторством проф. др Милете Ристивојевића. Одлуком ННВ МФ бр. 605/2 од 14.04.2011.год. донета је одлука, из одређених животних оправданих околности, о продужетку рока израде дисертације до 15.11.2012.год.

О завршетку докторске дисертације **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”**, ментор проф. др Милета Ристивојевић, 22.12.2011. године је обавестио Катедру за опште машинске конструкције, као и Наставно-научно веће Машинског факултета у Београду. Предложена је Комисија за оцену и одбрану рада у саставу: проф. др Милета Ристивојевић, проф. др Милосав Огњановић, проф. др Радивоје Митровић, проф. др Божидар Росић, др Зијах Бурзић, Виши научни сарадник, ВТИ, Београд.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 12.01.2012. године једногласно усвојило обавештење о завршетку дисертације кандидата мр Зорана Стаменића под називом **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** и усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр. 97/1 од 12.01.2012.год.).

1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** припада области техничких наука, машинство, ужој научној области Опште машинске конструкције.

1.4. Биографски подаци о кандидату

Мр Зоран Стаменић је рођен 10.07.1961. године у Београду. Основну школу, као и гимназију завршио је Београду. Дипломирао је на Машинском факултету у Београду, на Катедри за Ваздухопловство. Специјалистичке студије, на смеру Заваривање је уписао 1991. године, а рад одбранио 1992. године под насловом: **„Анализа распростирања и метода приближног одређивања заосталих напона код равне плоче после заваривања”**, после чега се запослио, као стручни сарадник, на Катедри за Технологију материјала Машинског факултета у Београду. Магистарске студије на смеру Материјали и заваривање Мр Зоран Стаменић је завршио 1998. године и одбранио рад под називом: **„Утицај површинског ојачавања пескарењем на расподелу заосталих напона при различитом степену савијања термички обрађених опружних челика”**. По завршетку студија, запослио се у приватној фирми „Фантазија 2000” као конструктор, 1992. године се запошљава на Машинском Факултету Универзитета у Београду, на Катедри за Технологију материјала као стручни сарадник, где је имао активно учешће у одржавању наставе из предмета Машински материјали и рад на пројектима МНТ РС.

У ратним временима, 1994. год изводио је наставу на Универзитету „Никола Тесла” у Книну из предмета Машински материјали.

На Катедри за опште машинске конструкције Машинског факултета Универзитета у Београду Мр Зоран Стаменић се запошљава 1999. године у звању асистента за предмете Машински елементи и Основе конструисања.

На Катедри за опште машинске конструкције запослио се 1999. године на месту асистента, где и тренутно ради. До 2006. године учествује у одржавању наставе из предмета Машински елементи и Основе конструисања. Такође је био ангажован у извођењу наставе на Војној академији – одсек логистика (бивша Војно техничка академија) у Жаркову где држи аудиторне и самосталне вежбе из Машинских елемената. Од 2005. године члан је Комисије за пропагирање студија МФ и члан уписне Комисије Машинског факултета у Београду, где је касније био и председник поменутих Комисије. Од 2006. године, у реформисаном систему високог образовања према Болоњској декларацији, активно учествује у извођењу наставе Катедре за ОМК из предмета: Машински елементи 1, Машински елементи 2, Основе конструисања, Конструисање М, Технички прописи и стандарди, а у оквиру модула Заваривање и заварене конструкције учествује у одржавању наставе на предмету Репарација машинских делова и конструкција. Био је члан комисија за преглед, оцену и одбрану пет дипломских радова.

Мр Зоран Стаменић је члан тима организатора и предавача на “Акредитованом семинару за стручно усавршавање наставника у средњим школама за предмете Машински елементи, Конструисање и Испитивање машинских конструкција” (тема излагања: Заостали напони) као и семинара “Одржавање котрљајних лежаја” за стручно усавршавање запослених у привреди (тема излагања: Узроци отказа котрљајних лежаја – неправилна монтажа/демонтажа и заостали напони).

Коаутор је следећих издања:

Недељко Плавшић, Вера шијачки – Жеравчић, Зоран Стаменић: *Таблице машинских материјала, профила, лимова и жица*, Машински факултет, 2004.

Радивоје Митровић, Милета Ристивојевић, Зоран Стаменић: *Машински елементи 2*, уџбеник за 3. разред машинских школа, Завод за уџбенике Београд, 2007.

Учесће у научним пројектима

1. Пројекат S.2.06.21.038, 1994-1997 финансиран од стране МНТ РС под називом: „Увођење савремених поступака коришћења постојећих блокова у термоелектранама Србије у циљу побољшања перформанси и економичности њиховог рада”, подпројекат 4: Процена преосталог радног века и програм ревитализације високотемпературски оптерећених компонената термо-енергетских постројења у Србији у циљу побољшања и продужетка њихових радних перформанси. Руководилац пројекта проф. др Вера Шијачки-Жеравчић.
2. 1994, Пројекат СМНТР СРЈ број: TSI 389 под називом: “Истраживање понашања металних материјала са заосталим напонима при пузању, као доминантног фактора за егзактнију процену преосталог радног века термоенергетских постројења”. Руководилац пројекта проф. др Вера Шијачки-Жеравчић.
3. 1995-2000, Пројекат 11-Т-11 финансиран од стране МНТ РС, у оквиру пројекта бр. 196 “Истраживања у фундаменталним областима машинства”, подпројекат “Истраживање утицаја заосталих напона на особине, понашање и продужетак радног века материјала машинских делова и конструкција”, руководилац подпројекта Проф Др Вера Шијачки Жеравчић
4. 2002-2005., *Развој и примена концепта одржавања усмереног ка поузданости у циљу подизања расположивости и ефикасности у раду термоенергетских постројења*, Министарство за науку, технологију и развој републике Србије, Руководилац пројекта проф. др Вера Шијачки-Жеравчић.
5. 2004.-2005., *Израда технологије репаратурног заваривања скретница и делова железничког колосека, применом полуаутоматског уређаја за наваривање домаће производње*, Технолошки развој, Руководилац пројекта доц. др Радица Прокић-Цветковић, Машински факултет Универзитета у Београду.
6. 2005. ПТР МНЗЖС 7054 – задана тема, Руководилац Др Предраг Поповић, Институт Винча
7. 2005 – 2008 Пројекат МНЗЖС: *Вратила са Кардановим спојницама*, Руководилац Др Зијаж Бурзић, научни саветник – НИЦ Ужице.
8. 2005., Иновациони пројекат: *Освајање технологије заваривања легура алуминијума у заштитној атмосфери мешавине инертних гасова*, Руководилац проф. др Радица Прокић - Цветковић.
9. 2006., Иновациони пројекат бр. ИП8217: *Развој прототипа машине за паковање прехранбених производа*, Руководилац проф. др Милета Ристивојевић.
10. 2006. – 2007., Иновациони пројекат МНТРС: *Развој прототипа уређаја са клизним двостепеним и модуларним системом регулације протока горива код котлова*, ев. број 451-01-02960/2006-16, Руководилац проф. др Мирко Коматина

11. 2008, – 2011., Пројекат ТР 14033: „Истраживање метода и приступа повећању радног века и поузданости машинских система”, Руководилац проф. др Радивоје Митровић. Део пројекта односи се на Карданова вратила.
12. 2011, – 2015., Пројекат ТР 35029: „Развој методологија за повећање радне способности, поузданости и енергетске ефикасности машинских система у енергетици”, Руководилац проф. др Радивоје Митровић. Део пројекта односи се на Карданова вратила.

Награде:

- "Златна плакета Никола Тесла", ТЕНТ, 1993
- "Златна медаља", полуаутоматски уређај за заваривање, Међународни Сајам заваривања, 2005
- "Бронзана медаља са ликом Николе Тесле", Савез проналазача и аутора техничких унапређења Београд, 2007
- "Сребрна медаља са ликом Николе Тесле ", Савез проналазача и аутора техничких унапређења Београд, 2008

2. Опис дисертације

2.1. Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Зорана Стаменића, дипл.инж.маш., под насловом **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** је изложена на 181 страни и садржи 10 поглавља, закључак и преглед литературе. У попису коришћене литературе кандидат је навео 82 литературна навода.

1. УВОД
2. Преглед досадашњих истраживања и задатак истраживања у овом раду
3. Хронолошки развој Карданових спојница
4. Геометријски облици примене Карданових спојница са доменом примене
5. Геометријске и кинематске карактеристике Карданових спојница
6. Анализа оштећења Карданових спојница
 - 6.1. Површинска оштећења
 - 6.2. Запреминска оштећења
7. Расподела оптерећења
 - 7.1. Увод
 - 7.2. Расподела оптерећења дуж линије контакта спрегнутих делова
 - 7.3. Расподела оптерећења на истовремено спрегнутим деловима
 - 7.4. Формирање модела за анализу расподеле оптерећења
 - 7.5. Формирање модела за побољшање равномерности расподеле оптерећења
 - 7.6. Анализа добијених резултата
8. Нумеричка анализа расподеле оптерећења дуж линије контакта спрегнутих делова
 - 9.1. Формирање нумеричког модела
 - 9.2. Анализа добијених резултата
9. Закључак
10. Даља истраживања
11. Литература
 - Прилог 1 - Експериментално истраживање радне способности Карданових вратила
 - Прилог 2 – Ко је био Ђероламо Кардан?

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводном делу приказани су досадашњи правци истраживања Карданових спојница. Наводи се да због специфичних услова рада, витални делови ових спојница имају ограничени радни век. Кандидат даље констатује, да истовремено, сложена геометрија, кинематика и динамика ових спојница, допринели су ограниченом броју истраживачких резултата, а који су обично „пословна тајна” њихових произвођача, као и да радни век Карданових спојница, примарно зависи од површинске чврстоће контактних површина спрегнутих делова, тј, од њихове способности да се супродставе различитим видовима разарања. Са аспекта запреминске чврстоће Карданових спојница, истраживања су највише усмерена на изналажење што погоднијег конструкционог решења у циљу рационалности масе. Ова истраживања су веома значајна, имајући у виду да Карданове спојнице раде у израженим динамичким условима. На крају овог поглавља приказани су наважнији утицаји на носивост контактних површина спрегнутих делова Карданове спојнице.

У поглављу 2, *Преглед досадашњих истраживања и задатак истраживања* у овом раду, приказани су досадашњи правци истраживања Карданових спојница, у домену геометрије, кинематике, динамике, чврстоће и степена искоришћења. У овом делу Кандидат наводи да је савремене објављене литературе везане за испитивање Карданових спојница релативно мало у односу на друге машинске елементе и системе. Као разлог наводи, велику комерцијалну употребу ових спојница, као и да већина истраживања, из области побољшања радних перформанси, геометрије крстасте осовине и виљушке, оптималних решења ваза спојница и вратила, чврстоће и стабилности, су део пословних тајни реномираних произвођача „Карданових вратила”. Такође се наводи да још нису развијени довољно тачни модели за анализу унутрашњих сила Карданове спојнице и да је мали број нових предлога за побољшање кинематског модела Карданове спојнице који обухвата све релевантне параметре. Истиче да чврстоћа контактних површина спрегнутих делова Карданове спојнице примарно зависи од расподеле оптерећења дуж линије контакта која је код Карданових спојница генерално неравномерна. Даље наводи, да у поређењу са другим машинским елементима, котрљајним лежајима и зупчастим паровима, спрегнути делови Карданових спојница имају најнеповољније геометријске и кинематске услове са аспекта равномерности расподеле оптерећења дуж линије контакта, тако да и у условима идеалне геометријске тачности спрегнутих делова Карданове спојнице, на контактним површинама се не може остварити равномерна расподела оптерећења са постојећим конструкционим решењима спрегнутих делова Карданове спојнице. Као основни разлог наводи изразито неровољан положај контактне линије спрегнутих делова у односу на правац вектора угаоне брзине. Због тога, тачке контактне линије које су најудаљеније од осе обртања спрегнутих делова прве ступају у контакт. То су тачке на врху рукавца крстасте осовине. Степен ангажовања других тачака контактне линије зависи од геометријских карактеристика спрегнутих делова, контактних деформација и интензитета радног оптерећења. Констатује да су истраживања, теоријска и експериментална, показала, да делови рукавца у околини његовог корена скоро редовно остају неоштећени, јер не учествују у преношењу оптерећења, па је централни проблем код Карданових спојница како смањити неравномерност расподеле оптерећења дуж линије контакта спрегнутих делова, односно како растеретити делове врха рукавца. У том циљу, наводи да су на основу досадашњих истраживања формирана два конструкциона решења. Прво решење базирано је на корекцији контактне линије додира котрљајног тела – иглице. Ова корекција подразумева корекцију геометрије иглице на њеним крајевима. Сличани поступци су примењени и код бокова зубаца зупчаника. Друго решење засновано је на примени два котрљајна тела – иглице мање дужине уместо једне иглице веће дужине. Овим решењима је делимично смањена неравномерност расподеле оптерећења дуж линије контакта спрегнутих делова. У овом раду Кандидат је детаљно анализирао утицај геометријских и кинематских величина спрегнутих делова Карданове спојнице на расподелу оптерећења дуж линије контакта. У циљу праћења расподеле оптерећења код спрегнутих делова Карданове спојнице, у раду је формиран одговарајући геометријски модел. На основу развијеног модела анализиран је утицај

геометријских величина спрегнутих делова на расподелу линијског оптерећења. Анализом добијених резултата, идентификована је оптимална геометрија спрегнутих делова са аспекта равномерности расподеле линијског оптерећења. За анализу утицај расподеле линијског оптерећења на контактну напонско стање спрегнутих делова Карданове спојнице Кандидат је развио одговарајући нумерички модел МКЕ.

У поглављу 3. приказан је хронолошки развој Карданових механизма. Кандидат детаљно описује динамику развоја различитих конструкционих решења (модела) Карданових спојница. Наводи да је основни концепт Карданове спојнице заснован на конструкцији прстенасте колевке (*gimbal*), која се користила још у античком добу. Овај механизам стари грци су користили код катапулта. У 16. веку, развија се нови облик Карданове спојнице која је по шведском научнику добила име Полхемов чвор. Колико је овај механизам имао утицај на науку Шведске говори и слика научника Полхема, која се налази на новчаници од 500 шведских Круна. Потреба да се ротационо кретање пренесе помоћу вратила спојених под углом, расте појавом првих конструкција кула са сатовима. Овде, због архитектуре самих кула, сатни механизам и велики бројчаник често нису били у оси, тако да се обртно кретање морало често преносити под углом на горе, на доле или бочно. Ђероламо Карадан и Роберт Хук могу сматрати људима који су утрли пут ка широкој примени универзалних спојница и погонских вратила. Термини за идентични механизам, „Карданова спојница” у континенталној Европи и „Хуков зглоб” у англосаксонском говорном подручју нас подсећају на ова два пионира.

У поглављу 4. *Геометријски облици карданових спојница и домен примене*, је приказан домен примене Карданових спојница у различитим привредним гранама, сагласно одговарајућим геометријским и кинематским карактеристикама. Детаљно су приказана И описана различита конструкциона решења Карданових спојница као и радни услови кој су карактеристични за њихову примену. Наводи се да области примене Карданових спојница, затим њихова експлоатациона својства у погледу поузданости и радног века су функција конструкционих карактеристика Карданових спојница.

У поглављу 5. *Геометријске и кинематске карактеристике карданових спојница* приказан је утицај геометријских и кинематских величина на радне перформансе Карданових спојница. Дат је утицај угла пресека оса обања вратила на равномерност бртања гоњеног вратила. Приказани су различити кинематски модели Каранових спојница и одговарајући аналитички модели за одређивање угаоне брзине и обртног момента, неопходни за одређивање улазних података код провере носивости виталних делова Карданових спојница.

У поглављу 6. *Анализа оштећења карданових спојница*, детаљно су приказана и описана површинска и запреминска оштећења код делова Карданових спојница. Наводи се да су разарања контактних површина спрегнутих делова Карданове спојнице углавном резултат неравномерне расподеле линијског оптерећења. Као најчешћи видови разарања наводе се: питинг, скоринг, бринеловање, фретинг и абразија. Поред расподеле оптерећења, наводе се и други утицаји на појаву оштећења, као што су тврдоћа контактних површина, центрифугалне силе и величина радијалног зазора. Систематизовано су приказани најчешћи видови разарања на деловима Карданове спојнице са одговарајућим илустрацијама, сликама.

У поглављу 7. *Расподела оптерећења*, детаљно је анализирана расподела оптерећења код спрегнутих делова Карданове спојнице у циљу одређивања оптерећења меродавног за анализу носивости контактних површина спрегнутих делова. Кандидат указује да су аналитичка и експериментална истраживања у циљу одређивања радног оптерећења машинских делова, елемената и склопова увек актуелна и да представљају базу за процену њихове радне способности, а да сложеност ових истраживања долазе до изражаја нарочито код Карданових спојница, због јаког утицаја кинематских и геометријских услова и тачности израде. Даље наводи за тачно одређивање карактеристика радног оптерећења - стварно радно оптерећење у већини случајева је веома сложено и економски често неоправдано, јер су поред теоријских, неопходна и сложена експериментална истраживања. Зато се најчешће анализа

радне способности машинских делова и склопова спроводи на основу меродавног оптерећења. Номинално оптерећење се преводи у меродавно, на основу фактора радних услова. У раду је приказано да код Карданових спојница ни номинално оптерећење није равномерно распоређено дуж линије контакта спрегнутих делова и да је највећи интензитет номиналног оптерећења у тачкама које припадају корену рукавца, а најмањи у тачкама које припадају врху рукавца крстасте осовине. Разлика ових граничних вредности номиналних оптерећења зависи од геометријских величина рукавца крстасте осовине. Да би сагледао утицај геометријских величина рукавца на степен равномерности расподеле номиналног оптерећења дуж изводнице рукавца, у раду је формиран одговарајући аналитички модел.

За анализу утицаја геометријских карактеристика спрегнутих делова Карданове спојнице на расподелу линијског оптерећења, Кандидат формира одговарајући геометријски модел и дефинише геометријски фактор расподеле оптерећења. На основу дефинисаног фактора детаљно анализира утицај геометријских карактеристика спрегнутих делова на расподелу оптерећења дуж линије контакта рукавца и котрлајног тела. Добијене резултате систематизовано приказује одговарајућим дијаграмима на којима се јасно може уочити област са геометријским карактеристикама спрегнутих делова која је изразито неповољна са аспекта расподеле линијског оптерећења. На основу добијених резултата у раду се даље наводи, да се са геометријским карактеристикама спрегнутих делова код постојећих конструкционих решења Карданових спојница не може остварити ангажовање тачака у оклини корена рукавца у преношењу оптерећења, што је у сагласности са досадшњим експерименталним и експлоатационим резултатима. У циљу побољшања расподеле оптерећења дуж линије контакта спрегнутих делова, Кандидат предлаже ново конструкционо решење спрегнутих делова и за њега развија одговарајући геометријско-кинематски модел. У предложеном конструкционом решењу, цилиндрични облик чауре замењен је конусним обликом, тако да у новом моделу поред геометријских величина спрегнутих делова укључује радијани зазор спрегнутих делова и угао конуса чауре. Детаљно анализира утицај ових величина на расподелу линијског оптерећења и добијене резултате презентује у форми дијаграма. На основу добијених резултата показује да се одговарајућим усаглашавањем између величина: радијалног заора, геометријских карактеристика спрегнутих делова и угла конуса чауре може знатно побољшати расподела линијског оптерећења. При томе наводи, да су вредности угла конуса чауре веома мале.

У поглављу 8. *Нумерички модел расподеле напона на контактної површини спрегнутих делова*, развијен је одговарајући нумерички модел за сагледавање утицаја расподеле линијског оптерећења на напонско стање контактних површина. У раду је развијен равански модел спрегнутих делова Карданове спојнице за два конструкциона решења, када чаура игличастог лежаја има цилиндрични облик и када је облика цилиндричног конуса. Варирањем геометрије спрегнутих делова, односно расподеле линијског оптерећења праћено је напонско стање на контактної површини спрегнутих делова. На основу добијених резултата показано је да се са смањењем неравномерности расподеле линијског оптерећења, добија знатно боља - равномернија напонска слика на контактним површинама спрегнутих делова. Равномерност напонског стања је нарочито изражена код предложеног новог конструкционог решења са цилиндрично конусним обликом чауре игличастог лежаја.

У поглављу *Закључци* приказани су закључци спроведених истраживања у овом раду и дати предлози за даља истраживања.

На крају је наведена коришћена литература.

У Прилогу 1 је дат опис и поставка експерименталних испитивања радне способности Карданових вратила, где је на узорцима вратила извршена: димензиона контрола, испитивање тврдоће на елементима склопа Карданових вратила, испитивање тврдоће на склопу крста, испитивање тврдоће жлебасте виљушке и ожлебљеног вратила, испитивање тврдоће прирубнице и виљушке, статичко торзионо испитивање Карданових вратила, динамичко

торзионо испитивање Карданових вратила, испитивање на век трајања зглобова Карданових вратила.

3. Оцена дисертације

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** представља савремен, оригиналан и значајан допринос у развоју модела за повећање радне способности Карданових спојница као виталних делова у систему трансмисије снаге од погонских до радних машина. Значај ових истраживања огледа се кроз актуелност теме која третира расподелу оптерећења спрегнутих делова Карданове спојнице, кључног показатеља радних перформанси Карданових спојница са аспекта носивости, радног века, енергетске и еколошке ефикасности. Оригиналност се огледа у развијеним сопственим моделима, аналитичким и нумеричким за анализу утицаја геометријских и кинематских величина спрегнутих делова на расподелу оптерећења. Модели су развијени за стандардно конструкциона решења карданових спојница, и за предложено оригинално конструкционо решење. Предложеним оригиналним конструкционим решењем се знатно редукује неравномерност расподеле оптерећења код спрегнутих делова Карданових спојница.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је савремена литература из области динамике, чврстоће и кинематике карданових спојница, као и искуства произвођача и корисника Карданових спојница. Приказана литература и прикупљана искуства произвођача и корисника послужила су кандидату као полазна основа за анализу постојећег стања у овој области и сагледавање, недовољно истражених области у домену трансмисије снаге карданових спојница. Коришћена литература представља избор савремене и актуелне литературе, домаће и међународне.

3.3. Анализа примењених научних метода и њихова адекватност за спроведено истраживање

Истраживања у овој докторској дисертацији заснована су на одређивању најутицајнијих геометријских и кинематских величина којима је могуће описати карактер расподеле оптерећења код спрегнутих делова карданове спојнице. Издвојене су геометријске карактеристике рукавца крста карданове спојнице, растојање рукавца од осе обртања и радијални зазор између рукавца и котрљајних тела. Примењене су аналитичка метода за формирање геометријског модела расподеле оптерећења и нумеричка метода МКЕ за анализу напонског стања на контактним површинама спрегнутих делова Карданове спојнице. На основу геометријског и нумеричког модела могуће је успоставити компатибилност између расподеле оптерећења и напонске слике на контактним површинама.

3.4. Оцена примењивости и верификације остварених резултата

Остварени резултати се могу применити за даља теоријска истраживања у циљу даљег усавршавања развијеног модела расподеле оптерећења код спрегнутих делова Карданове спојнице. Такође, остварени резултати се могу применити директно у пракси јер су на основу развијених модела дефинисане зависности између геометријских и кинематских величина спрегнутих делова и фактора расподеле оптерећења. На основу развијеног модела може се извршити процена расподеле оптерећења код спрегнутих делова карданове спојнице, која се

даље директно рефлектује на процену радног века контактних површина. Развијено ново конструкционо решење у циљу побољшања расподеле оптерећења код спрегнутих делова може се директно применити у производњи и/или репарацији Карданових спојница.

3.5. Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Током израде ове дисертације кандидат је показао да је способан да самостално решава инжењерске и научне проблеме и да успешно влада научним и истраживачким методама што представља добру основу за наставк истраживачких активности.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ оствареног научног доприноса

Полазећи од основног научног циља – дисертације који је био дефинисање модела за процену расподеле оптерећења код спрегнутих делова карданове спојнице остварени научни доприноси огледају се у следећем:

- У циљу формирања модела за процену расподеле оптерећења код спрегнутих делова карданове спојнице дефинисани су геометријски и кинематски параметри који најбоље презентују слику расподеле оптерећења.
- На основу развијених модела и добијених резултата дата су оригинална тумачења утицаја геометријских и кинематских величина спрегнутих делова на расподелу оптерећења.
- На основу развијених модела може се тачније проценити оптерећење меродавно за процену радне способности виталних делова Карданове спојнице са аспекта површинске и запреминске чврстоће и радног века.
- Развијени модели омогућују избор оптималне компатибилности између геометријских и кинематских величина и деформација на контактним површинама у циљу добијања што боље расподеле оптерећења, што представља императив у развоју нових конструкционих решења карданових спојница.
- Посебно је дат јасан научни допринос формирањем оригиналног модела за смањење степена неравномерности расподеле оптерећења код спрегнутих делова карданове спојнице. Развијеним моделом и предложеним конструкционим решењем може се знатно повећати радни век контактним површинама спрегнутих делова и повећати енергетска и еколошка ефикасност карданових спојница.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу циљева истраживања и добијених резултата можемо констатовати да су разјашњена сва релевантна питања која су се појавила у току истраживања. Имајући у виду значај процене расподеле оптерећења код спрегнутих делова Карданове спојнице и чињеницу да ова истраживања нису до сада овако детаљно разматрана, ова докторска дисертација представља значајан допринос у даљем истраживачком раду у погледу расподеле оптерећења и њеног утицаја на радну способност Карданових спојница. Имплементацијом резултата ове докторске дисертације у различитим гранама индустрије, значајно ће се повећати поузданост и сигурност машинских система.

4.3. Очекивана примена резултата у пракси

Добијени резултати у овој докторској дисертацији имају вишеструку примену у пракси. Код постојећих конструкционих решења, на основу стања расподеле оптерећења код спрегнутих

делова може се тачније проценити радни век Карданових спојница. Избором оптималних геометријских и кинематских величина у фази пројектовања нових Карданових спојница може се обезбедити мала неравномерност расподеле оптерећења, односно велика носивост контактних површина Карданове спојнице. Применом предложеног новог конструкционог решења са чауром цилиндрично конусног облика, стварна расподела оптерећења код спрегнутих делова Карданове спојнице може се значајно приближити равномерној расподели. Имајући у виду велику заступљеност Карданових спојница у систему трансмисије снаге, може се очекивати већа примена резултата истраживања у процесу одржавања Карданових спојница у домаћој индустрији.

4.4. Верификовани научни доприноси

Научни допринос докторске дисертације је верификован радовима објављеним током вишегодишњег истраживања:

1. Stamenić Z., Ristivojević M., Tasić M., Mitrović R.: „Influence of the geometry parameters of Cardan joint rolling elements on the load distribution”, FME Transactions, Vol. 40, No 3, University of Belgrade Faculty of Mechanical Engineering, pp 121-129, ISSN 1451-2092, 2012
2. Mitrović R., Stamenić Z., Mišković Ž., Tasić M.: „Laboratory installation for belt conveyors idlers testing on servo hydraulic testing machine Zwick HB-250”, The 7th International Scientific Conference – Research and development of mechanical elements and systems – IRMES 2011, Saopštenje štampano u celini - Proceedings, Mechanical Engineering Faculty, University of Niš, pp 371-376, ISBN 978-86-6055-012-7, Srbija, Zlatibor, 2011.
3. Mitrović R., Stamenić Z., Mišković Ž., Tasić M., Jovanović D.: „Installation for carrier roller idlers of belt conveyors testing on the open pit mining”, The 7th International Scientific Conference – Research and development of mechanical elements and systems – IRMES 2011, Saopštenje štampano u celini - Proceedings, Mechanical Engineering Faculty, University of Niš, pp 383-388, ISBN 978-86-6055-012-7, Srbija, Zlatibor, 2011.
4. Ristivojević M., Mitrović R., Stamenić Z., Lazović T.: „Operational state of airport back up power unit transmission“, Proceedings of International conference POWER TRANSMISSIONS 2006., pp 417-424, Novi Sad, 2006.
5. Ристивојевић М., Митровић Р., Лазовић Т., Стаменић З.: „Истраживање могућих узрока губитка радне способности вратила вентилатора свежег ваздуха термоенергетских постројења“, Зборник радова са међународног саветовања Енергетика 2005., стр. 90-94, Златибор, 2005.
6. Митровић, Р., Ристивојевић, М., Плавшић, Н., Лазовић, Т., Стаменић, З., Стефановић, Н.: Идентификација узрока отказа котрљајног лежаја електромотора за погон млина, Научно-стручни скуп ИРМЕС, Крагујевац, 2004
7. Митровић, Р., Ристивојевић, М., Стефановић, Н., Стаменић, З., Лазовић, Т., Тасић, М., Момчиловић, С.: Анализа стања улежиштења вратила вентилатора свежег ваздуха термоенергетских постројења, Симпозијум ЕЛЕКТРАНЕ 2004 са међународним учешћем, Врњачка Бања, 2004
8. Mitrović R., Ristivojević M., Stefanović N., Stamenić Z., Lazović T.: „Service Problems of Primary Stage Air Fan of Fossilfuel Power Plant – part II – Construction Design Improvement, Centro Congressi Internazionale“, ICF 11 - Conference of Fractures, Turin, 2004
9. Playšić, N., Lazović, T., Stamenić, Z.: Destruction under contact strain, XXIII Yugoslav congress of Theoretical and applied mechanics, Belgrade, 2001
10. Стаменић З., Митровић Р., Шијачки-Жеравчић В., Марковић А.: „Откривање производних грешака и експлоатационих оштећења код котрљајних лежаја помоћу скенинг електронске микроскопије“, Монографија - Електронска микроскопија у биомедицини и науци о материјалима, стр. 183-184, Београд, 1997.

5. Закључак и предлог

Докторска дисертација **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** кандидата мр Зорана Стаменића, дипл.инж.маш., представља савремен и оригиналан научни допринос кроз свеобухватно сагледавање проблематике расподеле оптерећења код спрегнутих делова Карданове спојнице. Формирањем модела који квантификује показатеље расподеле оптерећења код спрегнутих делова, добијају се поуздани модели за процену радне способности виталних делова Карданове спојнице са аспекта носивости, радног века, еколоске и енергтске ефикасности. На основу онога што је приказано у докторској дисертацији и чињеници да је анализирана проблематика веома актуелна у научној јавности, констатује се да је кандидат мр Зоран Стаменић, дипл.инж.маш., успешно завршио докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима докторске дисертације.

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под називом **„Истраживање утицаја расподеле оптерећења експлоатационих услова на радну способност карданових спојница”** кандидата мр Зоран Стаменић, дипл.инж.маш., Комисија за оцену и одбрану са задовољством констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима и Статутом Машинског факултета у Београду. Комисија предлаже Наставно-научном већу Машинског факултета у Београду да овај Извештај прихвати, дисертацију стави на увид јавности, и упути извештај на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на јавну одбрану.

У Београду 25.03.2012.год.

Чланови Комисије за оцену и одбрану:

др Милета Ристивојевић, ментор
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Милосав Огњановић
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Радивоје Митровић,
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Божидар Росић
ред. проф. Машинског факултета у Београду

др Зијах Бурзић
научни саветник, ВТИ Београд

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број:710/4
Датум:12.04.2012. године
Београд, Краљице Марије бр. 16

На основу члана 128. Закона о високом образовању и члана 12.2 Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће на седници одржаној 12.04.2012. године, донело је

ОДЛУКУ

I Прихвата се извештај о позитивној оцени урађене докторске дисертације коју је поднео мр ЗОРАН СТАМЕНИЋ и одобрава јавна одбрана дисертације по добијању сагласности од Универзитета, под насловом: „ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА РАСПОДЕЛЕ ОПТЕРЕЋЕЊА ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ УСЛОВА НА РАДНУ СПОСОБНОСТ КАРДАНОВИХ СПОЈНИЦА“

II Универзитет је дана 14.11.2005. године, својим актом број 123/7 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата.

III Радови кандидата у часопису међународног значаја:

1. Stamenić Z., Ristivojević M., Tasić M., Mitrović R.: „Influence of the geometry parameters of Cardan joint rolling elements on the load distribution”, FME Transactions, University of Belgrade Faculty of Mechanical Engineering, 2012

Одлуку доставити: кандидату, ментору, Катедри за опште машинске конструкције и архиви факултета.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.др Милорад Милованчевић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –
Број: 605/2
Датум: 14.04.2011. године
Београд: Краљице Марије 16

У вези захтева мр Зорана Стаменића, дипл.инж.маш., уз сагласност шефа Катедре за опште машинске конструкције и ментора проф.др Милете Ристивојевића, да му се продужи рок за израду докторске дисертације, Наставно-научно веће Машинског факултета сагласно чл. 128. Закона о високом образовању, на седници одржаној 14.04.2011. године донело је следећу

ОДЛУКУ

Одобрава се продужење рока за израду докторске дисертације
**«ИСТРАЖИВАЊЕ УТИЦАЈА РАСПОДЕЛЕ ОПТЕРЕЋЕЊА
ЕКСПЛОАТАЦИОНИХ УСЛОВА НА РАДНУ СПОСОБНОСТ КАРДАНОВИХ
СПОЈНИЦА»** кандидата **мр ЗОРАНА СТАМЕНИЋА**, дипл.инж.маш. до
15.11.2012. године.

Одлуку доставити: ментору, Катедри, кандидату и архиви.

ДЕКАН
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Милорад Милованчевић