

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

“МОДЕЛИ ДИЈАГНОСТИКЕ СТАЊА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ПОУЗДАНОСТ МОТОРНИХ ВОЗИЛА“

КАНДИДАТ МР НЕНАД ЈАЊИЋ

I. ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Датум и орган који је именовео комисију:

На седници Наставно-научног већа Техничког факултета "Михајло Пупин" у Зрењанину, 22.04.2015. год., донета је одлука о именовању Комисије за оцену докторске дисертације кандидата мр Ненада Јањића.

2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датум избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:

1. Проф. др Мирослав Ламбић, председник, уже научна област: Индустијско инжењерство, 1997. год., ред. професор, Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин.
2. Проф. др Бранко Шкорић, члан, уже научна област: Технологија обликовања површина, 2010. год., ред. професор, Факултет техничких наука, Нови Сад.
3. Проф. др Бранислав Ракићевић, члан, уже научна област: Моторна возила, 2008. год., ванредни професор, Машински факултет у Београду.
4. Проф. др Славица Првуловић, члан, уже научна област: Индустијско инжењерство, 2012. год., ванредни професор, Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин.
5. Проф. др Живослав Адамовић, ментор, уже научна област: Индустијско инжењерство, 1995. год., ред. професор, Технички факултет "Михајло Пупин", Зрењанин.

II. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме: **Ненад, Владимира, Јањић**
2. Датум рођења, општина, Република: 10. 10. 1961, Врање, Србија
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив:
Машински факултет, Ниш, Дипломирани машински инжењер, смер - транспортно машинство
4. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:
Индустијско инжењерство

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:
Технички факултет. „Михајло Пупин“ у Зрењанину, “Информациони систем праћења одржавања возила у возном парку“ 19. 06. 2008.
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:
Индустријско инжењерство

III. НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

“МОДЕЛИ ДИЈАГНОСТИКЕ СТАЊА И ЊИХОВ УТИЦАЈ НА ПОУЗДАНОСТ МОТОРНИХ ВОЗИЛА“

IV. ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ТЕЗЕ:

Дисертација садржи: 250 страна, 36 слика, 72 табела.

1. УВОД

Формирање модела дијагностике стања саставних компонената и њихов утицај на поузданост моторних возила је обухватило најзначајније параметре теоријске и експерименталне анализе. У његовом формирању кренуло се од забележених укупних отказа на саставним компонената насталих услед примене контроле параметара стања моторних возила. Анализом модела, увидело се до којих граничних вредности посматрани склопови у процесу експлоатације имају исправан и сигуран рад. Одређене су екстремне вредности универзалних једначина за случајеве без примене и са применом контроле параметара стања моторних возила. Такође, конструисане су криве чије су вредности представљене на дијаграму зависности корелација температуре и похабаности клизних лежајева.

2. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА МОДЕЛА ДИЈАГНОСТИКЕ СТАЊА МОТОРНИХ ВОЗИЛА

2.1. Објављени радови из области дијагностике стања моторних возила

Приказан је преглед најзначајнијих радова у области решавања проблема дијагностике стања и модела коришћених у истраживању подручја поузданости, као и анализа параметара и фактора који утичу на ризик саставних склопова моторних возила.

2.2. Утицај модела дијагностике стања на поузданост моторних возила

Приказан је преглед досадашњих резултата и испитивања појединих института код нас и у свету у појединим областима дијагностике стања и поузданости саставних компонената и склопова моторних возила.

2.3. Узроци који доводе до неисправности моторних возила

Истраживање узрока неисправности представља један од битних задатака дијагнозе стања компонената и склопова моторних возила уз истовремено указивање на њихову појаву на конкретна места.

2.4. Основе техничке дијагностике

Дијагностика возила игра важну улогу у ауто индустрији и да компоненте у возилу имају већу искоришћеност, мању потрошњу и мањег загађења, морају да имају сложеније системе који услед квара доводе до лошег понашања или потпуног заустављања моторних возила. Такође, технологија која је, са једне стране, везана за техничко стање возила, тј. да само возило дијагностицирања и са друге стране за возило одржавања аплицира то возило ради обезбеђења његовог исправног функционисања.

2.5. Поузданост, погодност одржавања и расположивост моторних возила

Применом поузданости моторних возила, подразумева перманентно анализирање отказа саставних компонената моторних возила, као и свих чинилаца који на одређени начин утичу на њихову појаву. Развијене су методе које ће дати нови приступ повезаношћу основних параметара стања саставних компонената као и утицај на правилно превентивно одржавање компонената моторних возила.

3. МЕТОДОЛОШКИ КОНЦЕПТ

3.1. Проблем и предмет истраживања

Проблем истраживања представља анализу и спровођење избора параметара дијагностике стања са циљем одређивања сигурности функционисања саставних компонената моторних возила. Предмет истраживања је одређен општим сазнањем о решавању промене параметара стања моторних возила које морају се заснивати на методологији одржавања и њиховог утицаја на поузданости и то не само на концепцији превентивног одржавања, већ и на методама комбинованих концепција и сложених модела дијагностике стања. Такође анализирају се све функције које одређују погодност одржавања моторних возила Volvo D7C 275 и D9B 340 и дијагностике стања одређеног квалитета поузданости који дефинише границе исправног и оптималног рада и области ризика.

3.2. Циљ истраживања

Циљ дисертације је развој модела дијагностике стања, као и развој промене параметара стања и превентивног одржавања моторних возила, са задатком избора, анализе и апликације најповољнијих оптималних модела дијагностике стања, на бази системског прилаза и метода моделирања и симулације компонената моторних возила. Такође је да се одреди степен утицаја параметара на поузданост саставних компонената моторних возила, као и границе рада компонената у зависности од меродавне поузданости и врсте расподеле. Одређеним вредностима анализирани поузданости треба дефинисати модел дијагностике стања за возила Volvo D7C 275 и D9B 340 на основу модела блок дијаграма и мерних места.

3.3. Хипотезе истраживања

Главна хипотеза гласи: "Дефинисати модел дијагностике стања ради постизања максималне поузданости и расположивости моторних возила". Помоћне хипотезе обухватају: анализу стабла отказа склопова саставних компонената моторних возила уз избор мерних места где ће се вршити мерења као и приказ неповољних последица; успостављање корелација на основу аналитичког полинома вишег степена $(P-R)(t)$ спроведено преко математичког програма, као и израдом потпрограма и дефинисање методологије дијагностике стања и утицај поузданости кочионих система на основу корекционих вредности поузданости рада компонената моторних возила.

3.4. Методе истраживања

Метода истраживања су нашле своју примену на моделу који обухвата зависност температуре и похабаност компонената анализираних склопова и похабаности њихових легајева, чиме је дефинисан радни век компоненти на основу анализе отказа и уједно добијен алгоритам за праћење и спровођење мониторинг стања сигурности функционисања компонената склопова моторних возила.

3.5. Организација истраживања

Системским планирањем превентивног одржавања обезбеђује се квалитетна функција управљања одржавањем. Извршење управљачких функција може се одвијати на више места, али према предложеном моделу, упућивање на конкретна места за извршење дијагностике стања на поузданост моторних возила. Истраживања су организована провером и вредновањем метода дијагностике стања моторних возила Volvo D7C 275 и D9B 340 у следећим аутотранспортним предузећима: ЈПС Нови Сад, а.д. "Кавим–Јединство" д.о.о. Врање, "Ниш –Експрес" а.д. Ниш, „Ласта“–Београд, д.о.о., „Еуролине“ Параћин д.о.о. и д.о.о., „Пропланак“ Крушевац.

3.6. Научна и друштвена оправданост истраживања

Научна и друштвена оправданост истраживања лежи у формирању модела дијагностике стања и њихов утицај на поузданост саставних компонената моторних возила уз избор најбољих параметара теоријске и експерименталне анализе, а који су се јавили појавом отказа као последица дејства температуре и похабаности легајева коленастог и брегастог вратила моторних возила.

3.7. Очекивани привредni резултати у саобраћају

Привредни резултат представља развијени модел дијагностике стања, као и развој научно засноване методологије за оптималне, динамичке промене параметара стања и одржавања моторних возила. Такође, правилан избор, анализе и апликације најповољнијих оптималних модела на бази системског прилаза и метода моделирања и симулације на рачунару и на реалном систему моторних возила. Променама квалитета површине и зазора, односно применом параметара дијагностике стања моторних возила, смањује се похабаност лежајева, тј. њихове екстремне вредности за 15,8%.

3.8. Ограничења

За добијање радне способности лежајева моторних возила, неопходно је на одговарајући начин извршити подешавање давача система контроле температуре и похабаности. У разматрање је узет систем подешавања давача контроле температуре и похабаности за стабилне и летеће лежајеве вратила па се примењује минимална и максимална вероватноћа неоткривених отказа услед похабаности лежајева на вратилима што може изазвати хаварију мотора, а самим тим угрожавање безбедности у саобраћају и утицај на трошкове предузећа.

4.0. ТЕОРИЈСКА ИСТРАЖИВАЊА

4.1. Моторна возила, одржавање и дијагностика

Моторна возила су типични примери комплексних мобилних техничких система, са различитим режимима употребе, која су подложна отказима, па се морају одржавати. Под системом одржавања моторних возила подразумева се скуп различитих активности и поступака који имају задатак да обезбеде исправан рад, односно ниво сигурности функционисања и поузданости који задовољава постављену функцију циља. Дијагностика моторног возила је технологија која је са једне стране, суштински везана за стање, односно дијагностичких параметара, а са друге стране и за систем односно концепцију одржавања аплицирану на то моторно возило ради обезбеђења његовог исправног функционисања.

4.2. Анализа процеса дијагностицирања стања склопова моторних возила

Дијагностика, као саставни део концепције одржавања према стању, има задатак да утврди стање саставних компонената са одређеном тачношћу у одређеном временском тренутку, без његовог расклапања, па у суштини овакав поступак има превентивни карактер, а нарочито се посвећује пажња одржавању на бази ризика.

4.3. Утицај дијагностике стања на поузданост моторних возила

Истраживања и одређивања дијагностике стања и њеног утицаја на поузданост моторних возила, представља анализу решења чији квалитет и степен егзактности зависи од квалитета одабраних и степена коришћених параметара. На основу обављеног истраживања, може се констатовати да су на саставним компонентама моторних возила, као што су коленасто вратило (стабилни лежајеви) M_1 , коленасто вратило (летећи лежајеви) M_2 , брегасто вратило M_3 све вредности показале минималан број отказа. Анализа броја отказа, насталих услед промене у температури и похабаности лежајева, показала је да су се први откази појавили после пређених 500000 км до 1000000 км рада возила и то на компонентама на којима је или није примењена контрола параметара на којима су поступци спроведени.

4.4. Утицај дијагностике стања на поузданост моторних возила применом анализе корисне вредности процеса

Поступак непосредног утицаја дијагностике стања на поузданост возила, приказан датом анализом, даје основу за покушај проналажења најзначајнијих параметара и најбољег решења из одређеног броја варијанти. Од броја изабраних параметара, који се узимају у обзир приликом процењивања, зависи и сложеност система циљева. Сматра се да је из практичних разлога, матрицу вредности циљева коришћења параметара стања треба обухватити заједно са матрицом корисне вредности. За ову матрицу се уводи појам делимична корисна вредност, а означава производ вредновања који је додељен сваком новом параметру.

4.5. Дефинисање модела дијагностике стања

Моделом се дефинише проблем дијагностике стања који представља аналитичку или нумеричку интерпретацију одређене вредности при описивању и функционисању рада компоненти возила. Формирани модел се базира на методологији која обухвата израду блок дијаграма у одређивању сигурности функционисања саставних компоненти анализираних склопова моторних возила. Истовремено, он даје идеализовану слику стварности као и параметре који утичу на решавање одређених поступака и проблема рада компоненти. Описивањем одређених параметара (радних температура и зазора лежајева) уз познавање метода анализе и статистичких метода, врши се дефинисањем и решавањем различитих поступака дијагностике стања саставних компоненти моторних возила.

4.6. Начини избора метода и решавања утицаја модела дијагностике стања на поузданост моторних возила

Модел је заснован на реалној ситуацији, при чему статистичке промене параметара стања компонената склопова моторних возила намећу потребу њиховог одржавања у границама дозвољених одступања. Уочено је да се стварно стање компонената моторних возила стално мења, док се дијагностика не може конкретизовати и редуковати само на једно одређено стање компонената, па се зато врши праћење и регистровање мерљивих промена физичких координата стања компонената у временском интервалу. Стање компонената карактерише велики број параметара радног процеса, који омогућавају примене најбољих метода, као и начин избора дијагностичких параметара радног процеса уз анализе свих информација добијених о раду компонената. Такође, обухвата модел поузданости који је приказан као блок модел и уједно је извршена редукација модела на подмоделе 1 и 2, чиме је добијена математичка зависност оптималне преносне функције поузданости. На основу ње, одређене су корекционе вредности поузданости саставних компонената са и без примене контроле параметара поступака дијагностике стања возила. Анализа ће послужити за одређивање корелације повезаности утицаја зависности поузданости, промене температуре и похабаности лежајева на мерним местима посматраних склопова.

4.7. Развој модела дијагностике стања и његов утицај на поузданост моторних возила

Дефинисани модел, прецизно описује све значајније особине саставних компонената ради успешног решавања проблема дијагностике стања и њихов утицај на поузданост моторних возила. Такође, заснован је на методологији која обухвата израду блок дијаграма у одређивању сигурности функционисања анализираних компонената возила.

4.8. Методологија дијагностике стања и њен утицај поузданости кочионих система моторних возила

Основа дијагностике кочних система базира се на одржавању неопходног интензитета рада кочења. Спроведена испитивања оптерећења кочних облога у експлоатацији потврдила су резултате претходно обављених теоријских анализа, према којима основну мерну величину оптерећења кочница представља рад кочења.

4.9. Имплементација модела техничке дијагностике моторних возила

Одређивање степена употребљивости моторних возила неопходно је у смислу њеног оптималног смањивања, као и одређивање момената датих дијагностичких контрола стања или одређивања модела спровођења неопходних активности дијагностике стања.

4.10. Динамика планирања превентивног одржавања према стању моторних возила

Одржавање моторних возила у погледу динамике спровођења мора бити врло брижљиво одмерено и строго усклађено са стварним потребама. У противном могу се добити супротни ефекти. Уместо високе поузданости, готовости и ефективности, непажљиво и пречесто спровођење, нарочито сложених и дуготрајних поступака одржавања, може изазвати појаву других, додатних и још озбиљнијих отказа, чиме се може значајно смањити поузданост и ефективност, уз осетно повећање трошкова. Зато треба наћи таква решења

динамике спровођења превентивног одржавања возила која ће обезбедити највеће ефекте, што се решава методама моделирања и оптимизације система одржавања у оквиру техничке дисциплине која користи инжењерски прилаз и методе решавања теоријских и практичних проблема одржавања, а чији је задатак обезбеђење лаког и ефикасног одржавања возила.

5. ЕКСПЛОАТАЦИОНА ИСТРАЖИВАЊА

5.1. Методе истраживања

Методе истраживања и оптимизације процеса или система одржавања подржане информационом системом дијагностике стања компонената моторних возила, омогућавају концепцију избора најповољнијих параметара и модела дијагностике стања. Истраживање се базира на методама теорије вероватноће и математичке статистике.

5.2. Места и начини мерења

Радно способно моторно возило правилно функционише при свим режимима и у току целокупног времена рада. Приказани су поступци мерења температуре и похабаности лежајева: мерно место M_1 – коленасто вратило (стабилни лежајеви); мерно место M_2 – коленасто вратило (летећи лежајеви) и мерно место M_3 – брегасто вратило (клизни лежајеви) возила Volvo D9B 340 и D7C 275, ЈГПС Нови Сад, а.д. “Кавим–Јединство“ д.о.о. Врање, “Ниш –Експрес“ а.д. Ниш, „Ласта“-Београд, д.о.о., „Еуролине“ Параћин д.о.о. и д.о.о., „Пропланак“ Крушевац са циљем да се одреди опште стање компонената моторних возила, утврди њихово понашање и да се разради план превентивних мера у случају изненадних отказа компонената. Мерење температуре појединих лежајева врши се помоћу сензора за мерење температуре, а зазора помоћу компаратора који су прецизно баждарени.

5.3. Одређивање вредности зазора лежајева на мерним местима

Могу се конструисати дијаграми зависности поузданости од величине зазора са областима сигурног и исправног рада и ризика са применом параметра дијагностике стања и на основу њега одредити вредности меродавних зазора. На бази насталих отказа у периоду праћења рада клизног лежаја M_3 у одређеном временском периоду и пређеног пута моторних возила, биће конструисан дијаграм зависности поузданости од вредности броја отказа услед похабаности лежајева у областима сигурног и исправног рада, са применом и без примене контроле параметара дијагностике стања моторних возила у функцији експлоатационог времена (t), а на основу њега одредиће се вредности меродавних зазора (смањује се вредност зазора лежајева са употребом модела од 32,7% на 12,4%).

5.4. Истраживање радних температура лежајева моторних возила

Провера експлоатационих података са Гаус-овом расподелом омогућава реализацију помоћу одређене теоријске праве. Такође, одређене су нумеричке статистичке карактеристике експлоатационих података и извршен табеларни приказ линеаризације Гаусове расподеле поузданости $K(t)$. Анализа је обухватила одређивање екстремних вредности параметара дијагностике стања радне температуре са поступцима оптимизације лежајева. На основу измерених вредности одступања температура лежајева, одређени су групни интервали радних температура, користећи Weibull - ову расподелу. Такође, овде су одређене области сигурног оптималног рада и ризика лежајева. На основу ових области одређене су екстремне вредности радних температура лежајева. Распон радних температура $94,5 \div 96^\circ\text{C}$, се задржава увођењем параметра (смањење интервала промене уља на пређених 15000 км и мењањем филтера), а без примене контроле параметара дијагностике стања моторних возила Volvo D7C 275, ЈГПС – Нови Сад, у функцији експлоатационог времена (t), $97 \div 99,5^\circ\text{C}$, а на основу њега одредиће се вредности температуре (смањује се вредност температуре лежајева са употребом модела од 17,9% на 9,7%).

5.5. Дефинисање модела оптимизације поступака дијагностике и њихов утицај на поузданост моторних возила

Модел дијагностике стања компонената обухвата такав избор параметара који треба да реши питање временског тренутка спровођења поступка превентивног одржавања и периодичности дијагностичких контрола. У том случају треба извести одговарајуће анализе узрока и последице отказа, како би се обезбедио нормалан процес експлоатације мотора моторних возила. У одређивању граничне вредности, најзначајније место заузима дијагностика стања контроле критичних параметара вредности. Тако се у току рада могу применити мерење и контрола нивоа похабаности лежајева и контрола радне температуре саставних компонената моторних возила. На тај начин добијамо вредност исправног и сигурног рада на $t_p = 700000 \div 1000000 \text{ km}$, при опсегу радних температура $93^{\circ}\text{C} \div 99^{\circ}\text{C}$ и опсегу похабаности лежајева $z = 0,05 \div 0,12[\text{mm}]$.

5.6. Позитивни и негативни утицај модела дијагностике стања моторних возила

Позитивни утицаји модела дијагностике стања описују и прате динамику статистичких процеса промене параметара стања компонената, обезбеђује захтевани ниво поузданости компоненти моторних возила у целокупном животном веку, превентивна подешавања ради спречавања отказа и замена компонената подложних хабању, старењу и сл., дефинисани су параметри стања и мењају се у функцији времена рада компонената моторних возила. Негативни утицаји модела су утврђивање закона расподеле времена рада до отказа саставних компонената моторних возила и случајни откази се догађају са вероватноћом појаве у зависности од вредности појединих параметара стања компонената.

5.7. Радионице за истраживање

Радионица за истраживање има основну јединицу дијагностицирања, која омогућава дијагностичарима практичан рад на утврђивању стања возила у том погледу одликују се запаженом интелигенцијом, односно високом погодношћу за рад. Треба да је једноставна за руковање, а одликује се брзином добијања високовредних резултата испитивања. Омогућавају прикупљање информација на принципима уграђене, прикључне или прикопчане дијагностичке мерне опреме.

5.8. Имплементација техничке дијагностике са аспекта нивоа поузданости моторних возила

Узајамно повезани параметри поузданости и дијагностике стања одређују стање моторних возила у целисти. Дијагностика је и важан саставни део одржавања јер она омогућује да се без демонтаже одреди техничко стање лежајева моторних возила и предвиди степен њиховог поузданог рада. При утврђивању поузданости помоћу дијагностике стања утврђује се, између осталог да ли је задовољена потребна радна способност и сигурност од отказа. Испитујући поузданост утврђује се и прогноза преосталог коришћења компонената моторних возила.

5.9. Индикатори перформанси дијагностике и поузданости моторних возила

Дијагностика возила представља објективну методу утврђивања стања у коме се оно налази. Систем дијагностике компонента моторних возила обухватају следеће активности: успоставља законитости промене параметара стања возила и његове погодности за контролу; избор дијагностичких параметара и одређивање карактеристика њихових промена; веза дијагностичких параметара са параметрима стања возила; утврђивање норматива дијагностичких параметара; постављање дијагнозе; избор одговарајуће методе и мерних средстава уз техно-економско образложење; утврђивање режима, технологије, као и места и положаја дијагностике у укупном систему и одржавања компонената возила.

5.10. Утицај дијагностике на економику пословања транспортних предузећа

Сигурност функционисања и безбедност представља једну од најзначајнијих карактеристика многих производа возила транспортних предузећа. Обезбеђење сигурности функционисања и безбедност обухвата поузданост и погодност одржавања и транспорт возила транспортних предузећа. Укупни трошковима возила транспортних предузећа укључују трошкове: набавке, транспорт, опрему и осигурање; рада, руковаоце, погонску енергију, помоћне објекте и инсталације нужне за рад; одржавања, резервне делове, алате, уређаје и објекте за одржавање и администрације, управљање, информатику и слично.

6.0. РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

6.1. Сопствени резултати истраживања

Резултати су базирани на структурним, организацијским, технолошким и другим особинама поступка дијагностике стања кроз утицајне поузданости моторних возила. Спроведено истраживање се бави избором најбољих параметара ради дефинисања и примене модела дијагностике стања, праћења сигурности функционисања саставних компонената моторних возила током појаве отказа. Добијене вредности о величини зазора без примене контроле параметара за лежајеве на мерном месту M_1 , M_2 и M_3 износе $z_{\max} = 0,019(mm)$, $z_{S_{opt}} = 0,014(mm) = z_{sr}$, $z_{\min} = z_{ideal} = 0,012(mm)$, а са применом контроле параметара стања вредности износе $z_{\max} = 0,014(mm)$, $z_{opt} = 0,011(mm)$, $z_{ideal} = 0,010(mm)$. Измерене вредности температуре без примене контроле параметара за лежајеве на месту M_1 , M_2 и M_3 крећу се у опсегу од $95,5 \div 99,5^\circ C$, а са применом контроле параметара стања крећу се у опсегу од $93,5 \div 95,5^\circ C$.

6.2. Доказивање главне хипотезе

Главна хипотеза треба да омогући формирање модела дијагностике стања у циљу постизања максималне поузданости и расположивости моторних возила у раду. Успешно извршена анализа изабраних параметара стања саставних компонената моторних возила, доприноси моделу дијагностике стања за утрђивање вредности, максималној поузданости и расположивости компонената моторних возила.

6.3. Вредност радних температура на мерним местима

Мерење температуре на лежајевима M_1 је извршено сензорима температуре са два радна контакта, од којих први даје сигнал код пораста температуре $94^\circ C$, а други обуставља рад код пораста температуре изнад $96,5^\circ C$ ($97^\circ C$); мерење температуре је извршено је и на лежајевима M_2 помоћу сензора температуре са два радна контакта, од којих први даје сигнал код пораста температуре $93^\circ C$ ($95^\circ C$), а други обуставља рад изнад $94,5^\circ C$ ($95^\circ C$); мерење температуре на лежајевима M_3 је извршено сензорима температуре са два радна контакта, од којих први даје сигнал код пораста температуре $94^\circ C$, а други обуставља рад код пораста температуре изнад $95,5^\circ C$ ($96^\circ C$). Коришћењем забележених вредности радних температура, а на бази датих поузданости $K_i(T)$, утврђен је квалитетом без примене контроле параметара стања, имамо интервал исправног рада креће се у опсегу температура $95,5 \div 99,5^\circ C$, а са применом контроле параметара стања $93,5 \div 95,5^\circ C$.

6.4. Вредности похабаности лежајева на мерним местима

Дата мерења коришћене су за одређивање вредности спољног пречника коленастог вратила и лежајева без и са применом параметара поступака дијагностике стања моторних возила. Вредности зазора без примене параметара дијагностике стања моторних возила су код стабилних лежајева M_1 и летећих лежајева M_2 одређене према идеалном зазору јер је промена зазора приближно линеарна. Како би се смањио проценат зазора спољњег пречника коленастог вратила за време генералног ремонта, уведен је нови параметар похабаности чији

се утицај огледа у промени толеранцијског поља налегања стабилних лежајева. Величине зазора без примене контроле параметара оптимизације за лежајеве M_1 и M_2 износе: $z_{M_1, M_2 \max} = 0,019(mm)$ $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(mm)$ а за лежајеве $z_{M_3 \max} = 0,014(mm)$, $z_{M_3 \min} = 0,011(mm)$ а са применом контроле параметара стања износе (промена налегања): $z_{M_1, M_2 \max} = 0,014(mm)$, $z_{M_1, M_2 \min} = 0,012(mm)$, а за M_3 је: $z_{M_3 \max} = 0,012(mm)$, $z_{M_3 \min} = 0,010(mm)$. Применом модела и уз употребу параметара дијагностике стања долази се до знатног смањења појаве отказа који настају услед зазора лежајева и то са 32,4% на 11,5%.

6.5. Резултати истраживања у функцији практичне примене

Резултати истраживања омогућиће спровођење тј. практичну примену, а тиме и оправданост програмирања алгоритма неопходног за израду математичког модела дијагностике стања возила. Добијане вредности имаће своју научну и велику практичну примену у области ауто индустрије, поступака превентивног одржавања, где ће наћи и своју оправданост. Остварени резултати указују на могућност повећања продуктивности рада компонената моторних возила, да смањи појаву отказа на својим компонентама за 15,8%., пре свега на бази века трајања и издржљивости компонената.

6.6. Дискусија резултата истраживања и упоређивање са другим, уз утврђивање њихове међусобне сличности и разлике

Извршена истраживања баве се избором оптималних параметара у циљу дефинисања и примене модела дијагностике стања, праћења сигурности функционисања лежајева коленастог вратила моторних возила током појаве отказа. Упоређивање утврђених степена сигурности функционисања коленастог вратила услед примене различитих параметара дијагностике стања, упућује на њихову извесну разлику. Примењени параметри (праћене температуре и величине зазора) показују у процентима повећање за $K_{oc} = 17,9\%$, док у осталим радовима који проучавају ову проблематику, због примене других параметара, добијене су друге вредности знатно мање од поменутих, процентуално изражене 5,4%.

6.7. Закључна разматрања

На основу зависности температуре и похабаности лежајева, одређене су вредности преносних функција поузданости без примене и са применом контроле параметара стања моторних возила. На основу меродавне статистичке расподеле поузданости конструисани су дијаграми зависности поузданости у експлоатационим условима и одређено је оквирно време исправног и сигурног рада лежајева за минималну вредност поузданости $K_a(t)_{\min} = 0,96$. Будућа истраживања би обухватила одређивање сигурног рада тј. рада без ризика у зависности од меродавне поузданости применом одабране статистичке расподеле према мерним местима. На бази датих вредности анализиране поузданости, дефинисан је модел поузданости на основу модел блок дијаграма који обухвата мерна места поузданости под дејством радних температура и поузданости настале под утицајем похабаности лежајева. На основу установљених корелација, спроведена је анализа модела кроз емпиријска истраживања. Повезаност свих поменутих вредности резултира корелацијом контроле параметара поступака стања моторних возила, као што је корелација параметара радних температура и похабаности лежајева (K_{TL}). Модел исказује вредност зависности корелација зазора услед похабаности лежајева и температуре и то у случајевима са применом и без примене контроле параметара стања моторних возила (оптимална вредност представљена је односом температуре интервала $94,5^\circ C \div 99^\circ C$ и зазора $0,010 \div 0,022$). Са применом контроле параметара стања долази до смањења појаве отказа, тј. на основу њега одредиће се вредности меродавних зазора, процентуално 12,4%.

7.0. ЗАКЉУЧЦИ И ДИСКУСИЈЕ

Сврха главне хипотезе, која је дата кроз ова истраживања, јесте формирање модела дијагностике стања у циљу постизања максималне поузданости и расположивости моторних

возила у раду и саставних компонената склопова моторних возила. Када модел сигурности функционисања посматраних компонената није био у употреби у периоду од 30.06.2009. год. до 31.12.2011. год, Volvo D7C 275, ЈГСП – Нови Сад, долази до интензивног раста појаве отказа услед похабаности лежајева, па је то период њиховог нестабилног рада, што процентуално износи 32,7%. Увођењем модела са примене контроле параметара дијагностике стања у периоду од 31.12.2011. год. до 31.12.2013. год., долази до смањења појаве отказа, у функцији експлоатационог времена (t), процентуално на 12,4% (у том времену је у примени модел сигурности функционисања анализираних компонената).

7.1. Научни допринос дисертације

Докторска дисертација обухвата проблематику формирања модела дијагностике стања моторних возила и њихов утицај на поузданост моторних возила. Такође, се огледа у примени метода симулације за избор најбољих параметара и функционисања компонената склопова, са аспекта поузданости њихових склопова, што се доказало на истраживању компонената моторних возила. Резултати базирани на датим истраживањима су одредили степен утицаја параметара на поузданост саставних компонената склопова моторних возила, као и границе рада компонената у зависности од меродавне поузданости и врсте расподеле.

7.2. Резимеи одрађених поглавља

Дисертација се бави комплексном проблематиком формирања модела као и избор најзначајнијих дијагностичких параметара стања. Научни допринос овог рада представља систематизован преглед метода као и избор одговарајућих параметара који учествују у формирању датог модела, али и могућност примене ових метода на свим компонентама склопова моторних возила.

7.3. Кључни закључци

Дијагностика стања поузданости је у функцији избора најбољих параметара приликом одређивања степена сигурности функционисања саставних компонената моторних возила. Добијене вредности о величини зазора без примене контроле параметара за лежајеве M_1 и M_2 износе: $z_{M_1, M_2 \max} = 0,019(mm)$ $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(mm)$ а за лежајеве M_3 $z_{M_3 \max} = 0,014(mm)$, $z_{M_3 \min} = 0,011(mm)$ а са применом контроле параметара стања износе (промена налегања): $z_{M_1, M_2 \max} = 0,014(mm)$, $z_{M_1, M_2 \min} = 0,012(mm)$, а за M_3 је: $z_{M_3 \max} = 0,012(mm)$, $z_{M_3 \min} = 0,010(mm)$.

7.4. Питања која дисертација „отвара“

Даља истраживања указују на потребу за новом организацијом процеса дијагностике, новом технологијом и савременим мерним уређајима који ће се примењивати на новим, недоступним мерним местима. Убудуће, треба приказати савремене и развијене поступке дијагностике стања моторних возила и указати на потребе и могућности њихове примене у ауто индустрији.

7.5. Новине у процесу истраживања

Нова истраживања треба да омогуће стварање услова за изводљивост поступака и примену датог модела и на сва друга моторна возила, без обзира на величину, тј. габарит реалних компонената склопова. Такође, да организује поступке дијагностике стања склопова возила, неопходне при утврђивању режим рада компонената, технологију, место и положај дијагностике стања при одржавању, односно између поступка дијагностике стања моторних возила и режима одржавања, треба успоставити везу логичког и органског карактера компонената возила.

V. ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Дисертација се бави комплексном проблематиком формирања модела као и избором најзначајнијих дијагностичких параметара стања. Научни допринос дисертације огледа се у систематизованом прегледу метода као и избору одговарајућих параметара стања који

учествују у формирању датог модела, али и у могућности примене ових метода на свим компонентама склопова моторних возила. Значај ове дисертације јесте и у примени метода симулације приликом избора најбољих параметара дијагностике стања у току функционисања компонената склопова. Резултат истраживања представља развијени модел дијагностике стања, као и развој и верификацију научно засноване методологије за оптималне, динамичке промене параметара стања и одржавања моторних возила. Основни задатак је правилан избор, анализе и апликација најповољнијег оптималног модела на бази системског прилаза, метода моделирања и симулације на компонентама моторних возила. Њиховим праћењем и испитивањем, доказан је и степен њихове поузданости. Симулацијом се може предвидети временски тренутак замене компоненти склопова пре него што дође до њиховог отказа.

Вредност **првог поглавља** огледа се у забележеним укупним отказима на компонентама моторних возила Volvo D7C 275, ЈГСП – Нови Сад, бави се њиховом проблематиком и безбедношћу у саобраћају. На основу дате дијагностике поузданости могу се вршити корекције функционисања, тј. могу се приликом одржавања заменити неисправне компоненте моторних возила. Примена параметара у поступку дијагностицирања омогућава утврђивање парцијалних отказа на појединим компонентама склопова, као и налажење критичног пута на коме је највероватније и дошло до отказа. У ужем смислу, анализа поузданости допринела је систематизацији метода за проучавање типа функције поузданости компонената, док се шири смисао огледа у њеној применљивости на све техничке системе. Кроз извршена сопствена истраживања доказана је и поузданост склопова компонената моторних возила.

Вредност **другог поглавља** базира се на значајним објављеним радовима који се баве проблематиком поузданости и функционисања компонената и склопова моторних возила и који су директно везани за сам поступак дијагностике стања. Суштину ових радова чини појам, односно дефинисање поузданости применом основних метода, а на бази главних показатеља поузданости посаматраних саставних компонената, као и њихов значај и улога. Дат је кратак приказ литературе о познатим поступцима дијагностицирања где су изнете основне карактеристике модела и наведена њихова ограничења.

Вредност **трећег поглавља** огледа се истраживањем проблема, односно предмета, циља, хипотеза, методологија, организација и научно друштвене оправданости дијагностике стања моторних возила. Сама методологија дефинише везу и врши проверу параметра стања саставних компоненти моторних возила Volvo D7C 275, ЈГСП – Нови Сад у раду и отказу. Циљ је да се теоријски и експериментално, контролисано, систематски и критички испита хипотеза о релацијама за препознавање типа функције поузданости компонената склопова моторних возила на статистичким и симулационим моделима. Теоријски део на систематски начин приказује математичке методе као основу за доношење одлука. Експлоатациона истраживања обухватају доказивање хипотезе кроз анализу компонената и проверу избора параметара и упоређивањем тако добијених резултата са резултатима добијеним рачунарском симулацијом. Спроведена истраживања у току експлоатације су омогућила проверу и доказивање како главне хипотезе, тако и постављених помоћних хипотеза.

Вредност **четвртог поглавља** базира се на испитаним методама дијагностике стања које одређују сигурност функционисања саставних компонената моторних возила Volvo D7C 275, ЈГСП – Нови Сад и које су приказане алгоритмом. Поступак дијагностике стања је у функцији типа избора најбољих параметара у циљу обезбеђивања сигурности функционисања саставних компоненти моторних возила. За одређивање сигурности узета је поузданост рада саставних компонената на основу забележених отказа у два случаја и то без примене и са применом параметара дијагностике стања моторних возила. Ови параметри се користе за добијање оптималних вредности, као и за развој перформанси у

прописаним границама без појаве отказа. Применом метода симулацје, што је доказано у конкретној експлоатацији компонената, може се предвидети тренутак правовремене замене компоненте пре него што дође до њеног отказа. Помоћу модела може се извршити правовремена провера постојећих параметара стања компонената и упоредити са жељеним стањем поузданости нових компонената. Модел поузданости је дефинисан на бази датих вредности и обухвата корелацију параметара дијагностике стања моторних возила, K_1 – корелација параметара радних температура и похабаности лежајева. На основу утврђене корелације, извршена је анализа модела кроз емпиријска истраживања.

Вредност **петог поглавља** огледа се формирањем модела блок дијаграма поузданости код посматраних компоненти склопова моторних возила на мерним местима. Прво су описане карактеристике уређаја за мерење температуре и похабаности лежајева, а затим се приступило примени математичког модела у облику коначне једначине дијагностике стања. Датом једначином је утврђивана зависност меродавне поузданости температуре и похабаности лежајева. Формирани модел је анализирао подмоделе 1 и 2 уз увођење корелационих зависности смена η_1 и η_2 и уношење вредности температуре и похабаности лежајева. Добијене су екстремне вредности једначине $(T_{mi\max}, T_{mi\min}, z_{\max}, z_{\min})$, без примене параметара стања возила и одређене су вредности са применом параметара дијагностике стања $(T_{mi\max}, T_{mi\min}, z_{\max}, z_{\min})$. Утврђене екстремне вредности параметара дијагностике стања и алгоритмом дефинисане корелације употпуниле су посматрани модел. За анализу су такође биле неопходне раванске криве зависности корелација без и са применом параметара дијагностике стања моторних возила. Исте су одређене помоћу подпрограма који је формиран помоћу одговарајућег математичког програма.

Вредност **шестог поглавља** огледа се проучавањем одређених метода примењене у емпиријским истраживањима спроведеним приликом утврђивања поузданости компонената склопова моторних возила. Добијени резултати ових истраживања представљају научни и друштвени допринос предметној проблематици. Извршена емпиријска истраживања су омогућила проверу и доказивање главне хипотезе као и постављених помоћних хипотеза. Примена модела омогућава једноставно одређивање оптималне вредности дијагностике стања компонената склопова моторних возила, а за коју је потребно познавати закон расподеле времена рада до отказа. Резултати добијени рачунарским симулацијама показују да све корелације у експлоатационим условима зависе од избора параметара, као и од понашања посматраних компонената. Константујемо да је за добијање поузданих вредности неопходно примењивати одговарајуће параметре стања рада компонената. Узети параметри, који се испољавају кроз побољшање квалитета површине и промену величине зазора, бележе смањење процента средње величине за 15,35% што оправдава њихово увођење. Применом истих, тј. смањењем интервала рециклирања уља и сталним филтрирањем, задржава се интервал радних температура $94^{\circ}\text{C} \div 96^{\circ}\text{C}$, док без примене параметара радних температура $95^{\circ}\text{C} \div 99,5^{\circ}\text{C}$, опсег температура се смањио процентуално 3,5% што такође, оправдава увођење овог параметра.

Вредност **седмом поглављу** стављен је акценат на анализу једначина за одређивање зависности просторне криве дијагностике стања поузданости моторних возила. Како би добили екстремне вредности једначине просторне криве, користили смо екстремне вредности корелација K_1 параметара и то корелације без примене и са применом параметара дијагностике стања. Будућа анализирања проблематике поузданости склопова моторних возила треба усмерити у правцу нових научних и техничких достигнућа. Треба узети у обзир најзначајније параметре за потребе моделовања као што су промена температуре и похабаност лежајева. Повећање сигурности функционисања компонената моторних возила изражено у процентима, за дате изабране параметре дијагностике стања износи 15,8%, а предложени резултати имају како теоријски тако и практичани значај.

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

Резултате истраживања у процесу израде докторске дисертације, кандидат је публикувао у часописима, монографијама и на научно стручним конференцијама:

1. Рад у међународном часопису (M23):

1. **Janjic, N.**, Adamovic, Z., Nikolic, D., Asonja, A., Stojanovic, B., „Impact of diagnostics state model to the reliability of motor vehicles“, Journal of the Balkan Tribological Association, book 2, vol 21, ISSN 1310-4772, Sofia, Bulgaria, 2015.

2. Радови у часопису међународног значаја (M24):

1. Nikolic, D., **Janjic, N.**, Janjic, Z., Josimovic, LJ., Obradovic, S., Mathematical model of procedures optimization technical diagnostic for determinate the worn out of hydro plant's bearings, TTEM, Jurnal of society for development of tehcing and be siness processesin in new net environment in bih, ISSN 1840-1503, p.44-50, vol.8, Number 1, Journal Citation reports, 1986-809X, Sarajevo, 2013.

2. Janjic, Z., **Janjic, N.**, Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings“, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scieutific and appilicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

3. Janjic, Z., **Janjic, N.**, Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings“, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scieutific and appilicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

4. Stefanovic, S., Jevremovic, V., **Janjic, N.**, Stanojevic, D., Cvejic, R., „Basic strategy of tire quality with the epmphasis on the tire industry“ IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN) ,ISSN (e): 2250-3021, ISSN (p): 2278-8719 Vol. 04, Issue 02 (February. 2014), ||V4|| PP 24-31. 2014.

5. Ilic, D., Stefanovic, S., **Janjic, N.**, Stanojevic, D., „Development of the model of optimized parameters of quality of the raw water“, American Journal of Engineering Research (AJER) e-ISSN: 2320-0847 p-ISSN: 2320-0936, Volume-03, Issue-03, pp-155-167. 2014.

6. Stanojevic, D., Danon, G., Stefanovic, S., **Janjic, N.**, „Use, advantages and disadvantages of woody biomass for obtaining thermal enegy“ International Journal Scientific and Applicative Papers vol.1, 2, ISSN 1857-923X, Skopje, Macedonia, 2014.

7. Stefanovic, S., Stanojevic, D., **Janjic, N.**, I. Kiss, analysis of technological process of cutting logs using ishikawa dijagram, Tome VII [2014], Fascicule 4 [October – December], str. 93 – 98, ACTA TEHNICA CORVINIENSIS – Bulletin of Engineering, Romania, 2014.

3. Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **Janjic, N.**, Nikolic, D., „The analysis of the universal model of optimization of technical diagnostic procedures for power plants“ XXV International Conference on Equations of State for Matter, „ELBRUS 2010“, p.127-129, ISBN 978-5-901675-95-3. Kabardino-Balkarian State University, Russia, 2010.

4. Монографије националног значаја (M42):

1. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д, Јањић, З., Миленковић, А,: Технологије дијагностицирања моторних возила, монографија, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS CG – ID 23769872, Црна Гора, Подгорица, 2013.

2. Николић, Д., **Јањић, Н.**, Димитријевић, Н., Миленковић, А., Моторна возила, монографија, Висока школа примењених струковних студија, ISBN 978-86-6027-068-1, Врање, 2012.

3. Николић, Д., **Јањић, Н.**, Димитријевић, Н., Миленковић, А., Термодинамика, монографија, Висока школа примењених струковних студија, ISBN 978-86-6027-054-4, Врање, 2010.

5. Радови у научном часопису (M53):

1. Adamović, Ž., Malić, D., Miladinović, Z., **Janjić, N.**, Analysis of the impact of time and maintenance strategy on availability of complex technical system“ Časopis „Menadžment znanja“, br.3-4 godina V, str.94-100, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2010.
2. Обрадовић, А., Кекић, А., **Јањић, Н.**, Николић, Д., „Експлоатационо испитивање моторног уља FAM FENIX SUPERIOR 15W-40 у ПИК Бечеј“ Часопис „Менаџмент знања“, година V, број 1-2, ISSN 1452-9661, Смедерево, 2010.
3. Nikolić, D., **Janjić, N.**, Dimitrijević, N., “Mathematical Model of Procedures Optimization Technical Diagnostic for Determinate the Worn Out of Hydro Plant's Bearings”, Časopis „Menadžment znanja“ 1–2, p. 1-8, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2011.
4. Николић, Д., Јевремовић, В., **Јањић, Н.**, Димитријевић, Н., Одређивање оптималне поузданости при мерењу температуре лежајева, Часопис „Менаџмент знања“ 1–2, ст.91-97, ISSN 1452–9661, Смедерево, 2012.
5. Димитријевић Н., Јањић З., **Јањић Н.**, Николић Д., “Пројектовање система управљања помоћу табеларне каскадне методе”, Часопис „Менаџмент знања“ 1–2, ISSN 1452–9661, ст.32-41, Смедерево, 2012.
6. Димитријевић, Н., Николић, Д., **Јањић, Н.**, „Генерисање радионичког цртежа и асоцијативна функционалност у Аутодеск Инвентору“, Часопис “Менаџмент знања” бр. 3-4, стр. 10-17, ISSN 1452-9661, Смедерево, 2012.
7. Димитријевић Н., **Јањић Н.**, Јањић З., Николић Д., “Моделовање склопа, примена ограничења на делове склопа, промена дизајна компонената склопа и експлодован приказ склопа у Аутодеск Инвентору”, Часопис „Техничка дијагностика“ 1–2, стр. 94-99, ISSN 1840–4898, Бања Лука, 2012.
8. Стефановић, С., **Јањић, Н.**, Станојевић, Д., “Пројектовање технолошког поступка електроерозивне обраде EDM-методе“, Часопис „Менаџмент знања“ IX година, број 1-2, ISSN 1452-9661, Смедерево. 2014.
9. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Research work process at monitoring and nforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal “Technical Diagnostics”, vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.
10. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., Савић, Б., „Утицај дијагностике стања на поузданост лежајева моторних возила“, Часопис „Менаџмент знања“ 3-4, година IX, ISSN 1452-9661, Смедерево, 2014.
11. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., „Методе испитивања дијагностике напрезања стабилних лежајева коленастог вратила“, Часопис „Техничка дијагностика“ ISSN 1451-1975 бр.3-4, стр 13-20, Бања Лука, 2014.
12. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., „Истраживање екстремних вредности поузданости на лежајевима моторних возила“, Часопис „Одржавања машина“ година X, број 3-4, ISBN 1452-9688 UDK 005, Смедерево, 2014.
13. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., Јосимовић, Љ., „Примена датих параметара на модел дијагностике стања моторних возила“, Часопис „Одржавања машина“ година XI, број 1-2, ISBN 1452-9688 UDK 005, Смедерево, 2015.
14. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., Јосимовић, Љ., „Истраживање радних температура на стабилним лежајевима моторних возила“, Часопис „Менаџмент знања“ година X, број 1, ISSN 1452-9661, Смедерево, 2015.

6. Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63):

1. Крстић, М., Адамовић, Ж., **Јањић, Н.**, „Дијагностика као саставни део процеса одржавања према стању грађевинске механизације“ Научно-стручни симпозијум, ISBN 978-86-83701-29-2, Врњачка Бања, 2010.

2. Димитријевић, Н., Николић, Д., **Јањић, Н.**, „Програмирање CNC машина за пробијање лима Трумпф-Труматиз 5000Р“, XXXIII – Мајски скуп „Одржавалаца средстава за рад Србије“ Зборник радова, ISBN 978 - 86 - 83701- 27- 8. Врњачка Бања, 2010.
3. Zlatković, D., Perić, D., **Janjić, N.**, „Recycling building materials“, Zbornik radova naučno-stručnog simpozijuma “Dijagnostika i pouzdanost, informatika i menadžment, saobraćaj i ekologija”, ISBN 978 - 86 - 83701- 27- 8. Vrnjačka Banja, 2011.
4. Perić, D., Zlatković, D., **Janjić, N.**, „Vehicles as a source of traffic noise and the required mitigation measures”, Zbornik radova naučno-stručnog simpozijuma “Diagnostika i pouzdanost, informatika i menadžment, saobraćaj i ekologija”, ISBN 978-86-83701-27-8. Vrnjačka Banja, 2011.
5. Krstić, M., Adamović, Ž., **Janjić, N.**, „Dijagnostic system of machine exploitation“, zbornik radova naučno-stručnog simpozijuma “Dijagnostika i pouzdanost, informatika i menadžment, saobraćaj i ekologija”, ISBN 978 - 86 - 83701- 27- 8. Vrnjačka Banja, 2011.
6. Стефановић, С., Јањић, З., **Јањић, Н.**, „Основне етапе процене ризика“, Зборник радова управљање ризиком, година IX број 1/2013, мај 2013. ISSN 0354-835X. Пожаревац 2013.
7. Стефановић, С., Јањић, З., **Јањић, Н.**, „Основни појмови о ризицима у еколошком менаџменту“, Зборник радова управљање ризиком, година IX број 1/2013, ISBN 0354-835X, Пожаревац 2013.
8. Милошевић, Д., Вуловић, С., **Јањић, Н.**, „Методе прорачуна параметара Вејбулове расподеле“ XXXVI конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије, Зборник радова, ISBN 978-86-83701-30-8, Врњачка Бања, 2013.
9. Стефановић, С., **Јањић, Н.**, Станојевић, Д., „Гасовита горива и начин њиховог коришћења у индустрији“, Зборник радова XXXVII конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS SR-ID 286289927, Врњачка Бања, 2014.
10. **Јањић, Н.**, Николић, Д., Јањић, З., Савић, Б., „Истраживање процеса рада при праћењу и спровођењу одржавања код моторних возила“, Зборник радова XXXVII Конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID, 286289927, Врњачка Бања. 2014.
11. Stefanović, S., Stanisavljević, B., Stanojević, D., **Janjić, N.**, „General method of risk management using methods of technical diagnostics and reliability“, TQM centar, 8 međunarodna konferencija EUROBRAND, Veliko Gradište. 2014.
12. Stefanović, S., **Janjić, N.**, Stanojević, D., Imre, K., „Applying electro discharge machining (EDM)“, TQM centar, 8 međunarodna konferencija EUROBRAND, Veliko Gradište. 2014.
13. Стошић - Михајловић, М., **Јањић, Н.**, „Методологија увођења специјалних логистика“, зборник радова XXXVII Конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID 286289927, Врњачка Бања, 2014.
14. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., „Утицај дијагностике стања на поуздано моторних возила“, Зборник радова XXXVIII Конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије ISBN 978-86-83701-36-0, Врњачка Бања, 2015.
15. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., „Одређивање вредности зазора лежајева моторних возила“, Зборник радова XXXVIII Конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије, ISBN 978-86-83701-36-0, Врњачка Бања, 2015.
16. **Јањић, Н.**, Адамовић, Ж., Николић, Д., Јањић, З., „Истраживање радних температуре лежајева моторних возила“, Зборник радова XXXVIII Конференције, Мајски скуп одржавалаца Србије, ISBN 978-86-83701-36-0, Врњачка Бања, 2015.

VII. ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Докторска дисертација је писана у методолошком смислу на основу два приступа: теоријског и експерименталног. Истраживања у докторској дисертацији довела су до резултата који потврђују оправданост избора проучаване проблематике. Научно засноване методе које су коришћене у решавању предмета докторске дисертације омогућиле су у теоријском делу да се анализирају математички и други модели који разматрају проблематику избора параметара стања компоненти и функције поузданости склопова моторних возила. Резултати истраживања дијагностике стања и поузданости који су обухваћени дисертацијом, показују да је акценат на избору најбољих параметара и вредности корелације параметара температуре и похабаности лежајева. Успешно је спроведена анализа модела кроз емпиријско истраживање, а екстремним тачакама корелације, одређује се област оптималних параметара дијагностике стања у којима саставне компоненте имају сигуран рад, тј. рад без ризика. Овим је доказана главна хипотеза. Добијеним кривама анализира се и процентуални учинак између максималне, оптималне, средње и минималне вредности у корелацији. Степен сигурности функционисања моторних возила услед примене параметара дијагностике стања, у процентима повећан је за $K_{oc} = 17,9\%$. Такође, процентуално се повећала и сигурност функционисања компонента возила, а што је све довело до великих уштеда у експлоатацији возила у области ауто индустрије.

VIII. ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Докторска дисертација садржи све битне елементе који су утврђени методологијом научно-истраживачког рада. У погледу оригиналног научног доприноса, Комисија је констатовала:

У поднетој докторској дисертацији показани су постигнути резултати кандидата у анализи проблематике модела дијагностике стања и поузданости моторних возила, а посебно у анализи перформанси примене параметара стања компоненти на бази типа функције поузданости. Начин обраде указује на адекватан приказ и тумачење остварених резултата. На основу резултата, кандидат је правилно поставио одговарајуће хипотезе и циљеве истраживања. Затим је на бази анализе резултата развијен модел за одређивање оптималне вредности извођења дијагностике стања компоненти. У пракси је извршена примена модела и дошло се до закључка да је модел испунио очекивања. Из тих разлога комисија сматра да је методолошко и научно истраживање као и приказ резултата извршен у складу са очекивањима.

Уочени проблеми односе се на услове у којима се доносе одлуке о активностима које треба предузети у примени параметара стања компоненти, а са циљем предвиђања и спречавања отказа. Предложене методе, мерења, параметри, концепти су реални и доприносе рационализацији примене модела поступака дијагностике стања и поузданости компонента моторних возила.

Излагање у овој дисертацији у потпуности је везано за циљ истраживања и сви наводи у дисертацији су везани за развој примене параметара стања компоненти и модела поступака дијагностике стања и поузданости моторних возила.

Основни научни допринос исказује се кроз развој модела са применом најзначајнијих параметара теоријске и експерименталне анализе. У његовом одређивању, кренуло се од укупних отказа саставних компоненти у току анализирања параметара, а њиховим међусобним утицајем и повезаношћу формира се корелација параметара температуре и похабаности лежајева. Предложени су и алгоритми за праћење и одређивање параметара поступака дијагностике стања моторних возила. За случај превентивног одржавања се постиже значајан допринос као и предност и уштеда у односу на постојеће стање одржавања компоненти склопова.

Сви делови дисертације и поглавља чине организациону целину и доприносе постепеном току развоја новог модела дијагностике стања који је међусобно усклађен са параметрима и њиховог утицаја на рад компонената моторног возила.

Кандидат је у процесу истраживања дошао до оригиналних закључка, тако да се дисертација одликује оригиналношћу.

IX. КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

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

На основу увида, Комисија сматра да је докторска дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Комисија је на основу прегледа докторске дисертације установила да су у њој садржани сви битни елементи и сматра се да је она успешно урађена.

3. По чему је дисертација оригинални допринос науци?

Оригинални научни допринос дисертације се огледа у систематизованом прегледу метода за избор параметара у формирању модела, тј. симулацијом је извршен избор најбољих параметара поступака дијагностике стања при функционисању саставних компоненти моторних возила са аспекта поузданости у раду и безбедност у саобраћају. Такође, симулацијом се може прогнозировати временски тренутак замене компонената склопова пре него што дође до њиховог отказа.

Научни допринос истраживања огледа се у изналажењу решења модела превентивног одржавања возила, који би био основа за формирање тзв. базе знања у оквиру флексибилних сервисних система. Анализирани модел у оквиру дисертације треба да допринесе унапређењу проблематике одржавања и безбедност у саобраћају по стању у оквиру које дијагностика има кључну улогу.

Оптимизација поступка дијагностике стања, избором најбољих параметара у одређивању сигурности функционисања и безбедност у саобраћају саставних компонената склопова моторних возила, чини научну оправданост ових истраживања. Као алтернатива, узета је одређена потребна сигурност поузданости рада компонената на основу забележених отказа моторних возила.

Развијени модел се темељи на анализи параметара дијагностике стања моторних возила и даје одређене услове при раду компонената возила. Изражен је као динамичко-статистички, интегрални и математички поступак који омогућава оптимално управљање процесима промене стања компонената и одржавања склопова моторних возила. Модел је заснован на реалном праћењу стохастичких промена параметара стања, чије се вредности под дејством различитих поремећаја налазе изван дозвољених одступања. Представљене су функцијом поузданости која тражи оптимално динамичко решење и управљање процесима промене стања компонената, као и применом превентивног одржавања на бази поузданости компонената.

Применом модела у практичним условима, појава до отказа на кључним компонентама долази ако се модел неправилно примењује. Тиме је потврђено да коришћењем модела за утврђивање оптималног периода дијагностике стања у значајној мери се смањују застоји и трошкови превентивног одржавања и безбедност у саобраћају, а што је све довело до великих уштеда у експлоатацији моторних возила у области ауто индустрије.

Анализа модела је показала до којих граничних вредности анализирани склопови у процесу експлоатације имају исправан и сигуран рад. Конструисане граничне криве су одредиле зависност фреквентне сигурности у функцији експлоатационог рада са дозвољеним ризиком. Основни циљ модела је да се на основу измерених вредности одреди периодичност провере параметара стања и време спровођења поступака превентивног одржавања.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања?

Комисија сматра да дисертација нема недостатака.

X. ПРЕДЛОГ

На основу укупне оцене дисертације Комисија предлаже:

Да Наставно-научно веће Техничког факултета „Михајло Пупин“ у Зрењанину прихвати извештај комисије, а кандидату Мр Ненаду Јањићу одобри јавну одбрану докторске дисертације.

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Проф. др Мирослав Ламбић, председник

2. Проф. др Бранко Шкорић, члан

3. Проф. др Бранислав Ракићевић, члан

4. Проф. др Славица Првуловић, члан

5. Проф. Др Живослав Адамовић, ментор

У Зрењанину,